

УДК.57  
3-33

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Запорізький національний технічний університет

1906

## ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ ТА МІКРОПРОЦЕСОРИ

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни  
“Цифрові пристрої та мікропроцесори”  
для студентів спеціальності 7.090.701 (радіотехніка)  
денної та заочної форм навчання

Запорізький національний  
технічний університет  
Наукова бібліотека

2002

Цифрові пристрої та мікропроцесори. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни “Цифрові пристрої та мікропроцесори” для студентів спеціальності 7.090.701 (радіотехніка) денної та заочної форми навчання/ Укл.: В.І. Мисленков. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2002. - 55 с.

Укладач: В.І. Мисленков, ст. викл.

Рецензент: Ю.Л. Мейстер, ст. викл.

Відповідальний

за випуск: В.В. Ковалевський, зав. лаб.

Затверджено  
на засіданні кафедри “Радіотехніка”

Протокол № 14

від “27” червня 2002р.

## ЗМІСТ

|      |   |    |
|------|---|----|
| 1.   | Загальні методичні вказівки .....                                       | 5  |
| 2.   | Робоча програма і методичні вказівки щодо вивчення тем дисципліни ..... | 7  |
| 2.1  | Основи цифрової обробки сигналів.....                                   | 7  |
| 2.2  | Імпульсна техніка.....  | 8  |
| 2.3  | Аналого – цифрові пристрої.....   | 10 |
| 2.4  | Алгебра логіки та базові логічні елементи.....                          | 11 |
| 2.5  | Комбінаційні цифрові схеми .....  | 13 |
| 2.6  | Тригери.....  | 15 |
| 2.7  | Цифрові автомати.....   | 16 |
| 2.8  | Запам'ятовуючі пристрої.....  | 18 |
| 2.9  | Структури мікропроцесорів та мікропроцесорних систем.....               | 19 |
| 2.10 | Апаратні засоби мікропроцесорних систем.....                            | 21 |
| 3.   | Перелік лабораторних робіт і практичних занять .....                    | 23 |
| 3.1  | Лабораторні роботи, їх назва та обсяг.....                              | 23 |
| 3.2  | Практичні заняття, їх назва та обсяг.....                               | 24 |
| 4.   | Перелік залікових та екзаменаційних запитань .....                      | 25 |
| 4.1  | Перелік залікових запитань.....   | 25 |
| 4.2  | Перелік екзаменаційних запитань.....                                    | 26 |
| 5.   | Контрольні завдання .....   | 30 |
| 6.   | Рекомендована література .....  | 52 |
| 6.1  | Основна література.....   | 53 |
| 6.2  | Додаткова література.....   | 54 |
|      | Додаток А – Електричні параметри ТТЛ елементів.....                     | 55 |

## 1 ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Дисципліна “Цифрові пристрої та мікропроцесори” забезпечує базову підготовку фахівців в галузі цифрових пристроїв, які дуже широко застосовуються у сучасній радіоелектронній апаратурі та комп’ютерній техніці:

Внаслідок вивчення матеріалу дисципліни студенти повинні:

- знати сучасну елементну базу цифрових, цифрово-аналогових, аналого-цифрових мікросхем та мікропроцесорних пристроїв, методику проектування апаратних та програмних засобів мікропроцесорних систем та систем з мікроконтролерами;
- вміти складати таблиці істинності та логічні порівняння у аналітичному виді для широкого класу логічних елементів, за технічним завданням спроектувати мікропроцесорну систему з застосуванням мікроконтролерів та мікропроцесорних ВІС, складати керуючі програми на мові асемблера;
- мати уяву про шляхи розвитку сучасної мікроелектроніки.

Викладання дисципліни базується на знаннях, що одержані студентами у курсах: “Основи теорії кіл”, “Сигнали та процеси в радіоланцюгах”, “Радіокомпоненти, радіоматеріали та основи мікроелектроніки”. Придбані на цьому курсі знання необхідні для вивчення усіх системних дисциплін.

При вивченні даної дисципліни студенти повинні скласти стислий конспект матеріалу усіх тем, розв’язати відповідні задачі, дати відповіді на контрольні запитання. Дисципліна “Цифрові пристрої та мікропроцесори” вивчається два семестри, у 5-тому семестрі – залік, у 6-тому семестрі – екзамен. На установчій сесії виносяться слідуючі теми лекційних занять:

- “Основи цифрової обробки сигналів, системи лічіння та їх різновид”;
- “Характеристики та параметри транзисторних ключей”;

- “Лінійні імпульсні ланцюги та релаксаційні імпульсні схеми”;
- “Аналого-цифрові пристрої та їх характеристики”;
- “Цифро-аналогові перетворювачі та їх характеристики”;
- “Базові логічні елементи ТТЛ”;
- “Комбінаційні схеми та тригери”;
- “Регістри та лічильники”;
- “Структури мікропроцесорних пристроїв”;
- “Апаратні засоби мікропроцесорних систем”.

## 2 РОБОЧА ПРОГРАМА І МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕМ ДИСЦИПЛІНИ

### 2.1 Основи цифрової обробки сигналів

Лекцій – 2 години;  
 Практичні заняття – 2 години;  
 Самостійна робота – 2 години.

Порівняльна характеристика цифрових та аналогових методів обробки інформації, характеристики імпульсних сигналів, їх різновид. Поняття про логічні рівні напруги, порогова напруга, завадозахищеність цифрових елементів.

Класифікація систем лічіння, різновид позиційних систем лічіння, перетворення числових значень в різних системах лічіння. Подвійна система лічіння, та її модифікації. Види подвійних кодів, семісегментний код та його застосування в пристроях індикації.

[6.1.1]- ст.8-37,

[6.2.1]- ст.13-27.

#### 2.1.1 Методичні вказівки до вивчення теми

На рис. 2.1 показані рівні ТТЛ-сигналів.

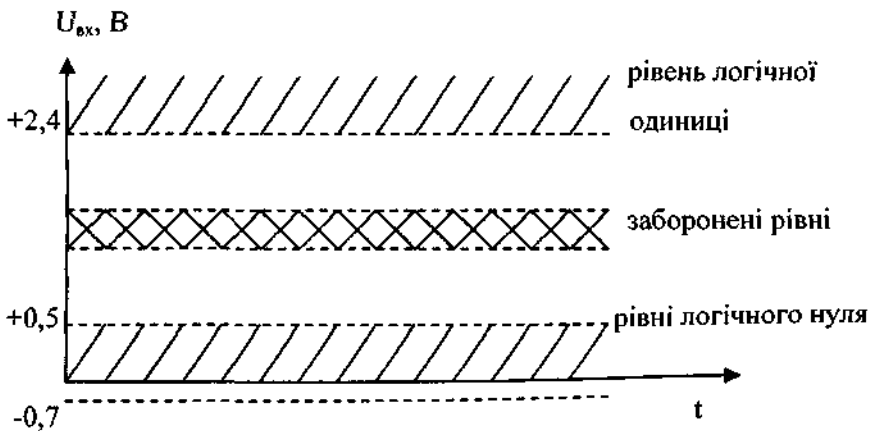


Рисунок 2.1 – Рівні ТТЛ-сигналів

Рівні напруги в діапазоні 1,2-1,35 В є забороненими для всіх ТТЛ схем. ТТЛ схеми мають тільки два дозволених рівня  $U_{вх} \leq +0,5V = U_{вх}^0$  – напруга логічного нуля,  $U_{вх} \geq +2,5V = U_{вх}^1$  – напруга логічної одиниці ( $U_{IH}$  та  $U_{IL}$ ).

## 2.1.2 Запитання для самоперевірки

2.1.2.1 Визначити поняття: аналоговий сигнал та цифровий сигнал.

2.1.2.2 Зобразити цифровий сигнал у вигляді безперервної послідовності прямокутних імпульсів різноманітної тривалості, відзначити логічні рівні сигналів.

2.1.2.3 Чому перешкодозахищеність цифрових елементів вище ніж аналогових?

2.1.2.4 Визначити поняття – порогова напруга.

2.1.2.5 Яке десятинне число подано в подвійному коді 10110?

2.1.2.6 Які особливості зважуваних кодів?

2.1.2.7 Де застосовується подвійно-десятинний код?

2.1.2.8 Які особливості має семисегментний код?

## 2.2 Імпульсна техніка

Лекції – 2 години;

Практичні заняття – 1 година;

Лабораторна робота – 2 години;

Самостійна робота – 2 години.

Режими роботи та характеристики насиченого транзисторного ключа. Динамічні характеристики, та засоби підвищення швидкодії транзисторного ключа. Характеристики ненасичених ключей. Ключі на польових транзисторах. Лінійні імпульсні ланцюги: інтегруючий та диференційований, вплив навантаження на форму вихідних сигналів.

Релаксаційні схеми: симетричний мультівібратор, ждучий мультівібратор та одновібратори, схеми одновібраторів з застосуванням транзисторів різної провідності, ланцюги запуску та зворотного зв'язку, форсуючі та формуючі ланцюги. Генератори пилкоподібної напруги, різновид схем, параметри та характеристики генераторів (ГПН). Генератори пилкоподібного струму, вихідні каскади, параметри та характеристики різноманітних схем ГПС, засоби підвищення лінійності. Амплітудні селектори та селектори

імпульсів за тривалістю. Селектори імпульсних послідовностей та їх характеристики.

[6.1.1] – ст. 96-186, 243-265, 407-455, 505-516,

[6.1.2] – ст. 93-99.

## 2.2.1 Методичні вказівки до вивчення теми

Треба вивчити параметри та характеристики транзисторного ключа в схемі з ОЕ. За допомогою ПК та програм моделювання Microcap-5, Electronics Workbench 5.12 проаналізувати увесь спектр схем транзисторних ключей.

Основними динамічними параметрами ключей є: час вмикання  $t_{вкл} = t_{здp} + t_{нp}$  та час вимикання  $t_{викл} = t_{pac} + t_{сп}$ .

## 2.2.2 Запитання для самоперевірки

2.2.2.1 Привести схему електронного ключа на біполярному транзисторі у схемі з ОЕ.

2.2.2.2 Обґрунтувати значення елементів, які впливають на тривалість вихідного сигналу мультивібратора на транзисторах різної провідності.

2.2.2.3 Пояснити процес формування тривалості вихідного імпульсу у схемі симетричного мультивібратора.

2.2.2.4 Визначити у якому режимі знаходиться транзистор ключа у схемі з ОЕ, елементи якої мають значення:  $R_r = 10 \text{ кОм}$ ,  $E_r = +2 \text{ В}$ ,  $R_6 = 3 \text{ кОм}$ ,  $R_k = 5 \text{ кОм}$ ,  $E_k = 10 \text{ В}$ ,  $R_n = 10 \text{ кОм}$ ,  $I_{кбо} = 1 \text{ мкА}$ ,  $h_{213} = 50$ .

2.2.2.5 Обґрунтувати вплив навантаження  $R_n$ ,  $C_n$  на параметри вихідного імпульсу інтегруючого RC – ланцюга.

2.2.2.6 Як зміниться амплітуда вихідної напруги транзисторного ключа з ОЕ за підвищенням температури оточуючого середовища від  $T_{min} = +10^\circ \text{C}$  до  $T_{max} = +85^\circ \text{C}$  для транзистору типу КТ312Б,  $E_r = 0,1 \text{ В}$ ,  $R_r = 5,1 \text{ кОм}$ ,  $R_k = 2 \text{ кОм}$ ,  $E_k = 10 \text{ В}$ .

2.2.2.7 Привести приклад моностабільної схеми на транзисторах, пояснити стаціонарні режими транзисторів.

2.2.2.8 Які існують засоби підвищення лінійності пілкоподібної напруги ГПН з генератором стабільного струму та розрядним транзистором.



### 2.3 Аналого-цифрові пристрої

|                    |             |
|--------------------|-------------|
| Лекцій             | – 2 години; |
| Практичні заняття  | – 2 години; |
| Лабораторна робота | – 2 години; |
| Самостійна робота  | – 2 години. |

Аналогові ключи та багатоканальні комутатори, основні параметри та застосування. Пристрої вибірки та зберігання, типові схеми вмикання. Інтегральний таймер (КР1006ВИ1), характеристики та застосування для різноманітних схем формування імпульсних сигналів.

Схемотехніка ЦАП, резистивні матриці типу R-2R та з подвійно-зваженими резисторами. Паралельні ЦАП з резистивними матрицями та дільниками струму, ЦАП з проміжним перетворенням, параметри та характеристики, типові схеми вмикання інтегральних схем ЦАП. Застосування ЦАП у системах виводу аналогової інформації.

АЦП слідкуючого та розгортаючого типів, АЦП послідовного наближення та інтегруючого типу, паралельні АЦП. Параметри та характеристики інтегральних мікросхем АЦП, типові схеми вмикання, особливості застосування різноманітних типів АЦП у системах вводу аналогової інформації, підключення багатоканальних комутаторів, ПВЗ ти пристроїв пам'яті. Мікросхеми АЦП загального застосування для мікропроцесорних систем.

[6.1.1] –ст. 492-500,

[6.1.2] –ст. 344-370,

[6.1.7] –ст. 444-464.

#### 2.3.1 Методичні вказівки до вивчення теми

Матеріал даної теми має дуже велике значення, тому що пристрої перетворення аналогової інформації дозволяють застосовувати комп'ютерні системи та мереж для побудування радіотехнічних систем різноманітного призначення.

Достатня кількість сучасних мікросхем ЦАП та АЦП досить легко з'єднуються з мікропроцесорними системами обробки інформації.

Треба уяснити принципи побудування та вивчити структурні схеми загальних видів АЦП, щоб у подальшому правильно застосувати дані ІМС.

Мікросхеми АЦП та ЦАП мають загальні характеристики:  $N$  – кількість розрядів,  $t_{\text{уст}}$  – час встановлення вихідного струму,  $t_{\text{пр}}$  – час перетворення вхідної напруги у вихідний код.

### 2.3.2 Запитання для самоперевірки

2.3.2.1 Перелічити загальні параметри комутаторів аналогових сигналів.

2.3.2.2 Привести типову схему вмикання АЦП інтегруючого типу КР572 ПВ5, пояснити функційне призначення елементів схеми.

2.3.2.3 Привести типову схему вмикання ПВЗ типу (КР1001 СК1-СК3).

2.3.2.4 Перелічити загальні параметри мікросхем АЦП.

2.3.2.5 Перелічити загальні параметри мікросхем ЦАП.

2.3.2.6 Привести структурну схему АЦП паралельного типу.

2.3.2.7 Привести недоліки АЦП послідовних наближень.

2.3.2.8 Чому АЦП с подвійним інтегрування не потребує точного генератора часових інтегралів?

2.3.2.9 Перелічити загальні недоліки АЦП паралельного типу.

2.3.2.10 Зобразити структурну схему ЦАП з резистивною матрицею та струмковими ключами.

## 2.4 Алгебра логіки та базові логічні елементи

Лекції – 2 години;

Практичні заняття – 2 години;

Лабораторна робота – 2 години;

Самостійна робота – 4 години.

Основні теореми, аксіоми та тотожності алгебри логіки, принцип двоїстості, правило де Моргана, функції Шеффера та Пірса, їх двоїстість та універсальність. Функції імплікації та заперету, функція “Виключно ІІІ”, її використання для складання та порівняння подвійних кодів. Згортка виявлень, поняття про парність кодів. Форми вираження логічних функцій: таблиця істинності. Аналітичні порівняння та умовні графічні позначки.

Основні логічні елементи, та їх характеристики: КР1533ЛН1, КР1533ЛИ1, КР1533ЛЛ1, КР1533ЛА3, КР1533ЛЕ1, КР1533ЛП5. Багатофункціональний логічний елемент КР1533ЛР11.

Застосування таблиць Карно для мінімізації логічних функцій. Перетворення логічних порівнянь. Кон'юнктивне та диз'юнктивне поширення логічних функцій. Побудування комбінаційної логічної схеми за заданою функцією.

Особливості схемного побудування логічних елементів.

Базовий елемент ТТЛ, його параметри та характеристики. Схеми узгодження рівнів ТТЛШ та КМОП елементів. Базовий елемент ЕЗЛ, основні параметри та характеристики, висока швидкодія елементів ЕЗЛ. Характеристики серій логічних ІС загального застосування та їх зарубіжні аналоги.

Повторювачі сигналів, їх застосування в якості буферних елементів та елементів затримки. Елементи з трьома станами. Застосування елементів зі станом  $z$  для узгодження цифрових схем з двохнапрямовою магістраллю. Схеми з відкритими емітером та колектором. Мікросхеми КР1533ЛП8, КР1533ЛИ3, КР1533АП6.

[6.1.1] – ст. 186-242,

[6.1.5] – ст. 20-98,

[6.1.2] – ст. 47-105,

[6.1.7] – ст. 100-129.

## 2.4.1 Методичні вказівки до вивчення теми

При вивченні матеріалу даної теми треба засвоїти умовно-графічні позначки основних логічних елементів, навчитися за заданим логічним порівнянням побудувати схему цифрового пристрою.

Дуже важливо засвоїти застосування таблиць Карно для мінімізації логічних функцій, що для практики дає значний вииграш у кількості застосованих елементів.

## 2.4.2 Запитання для самоперевірки

2.4.2.1 Можливо перетворити логічний елемент ІЛІ для виконання функції І-НЕ та що треба додати до схеми елементу ІЛІ?

2.4.2.2 Намалюйте умовно-графічні позначки наступних логічних елементів, застосовуючи для вхідних сигналів позначки  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $x_4$ , а для вихідних сигналів  $y$ :

— схема І з двома входами;

— схема ІЛІ з трьома входами;

- схема інвертора;
- схема І-НЕ з чотирма входами;
- схема ІІІ-НЕ з двома входами;
- схема “Виключно ІІІ” з двома входами;
- схема “Виключно ІІІ-НЕ” з двома входами.

2.4.2.3 Який логічний елемент формує доповнення сигналу, поданого на вхід?

2.4.2.4 Аналогію якому логічному елементу дає схема з послідовно з'єднаними ключами?

2.4.2.5 Аналогію якому логічному елементу дає схема з паралельно з'єднаними ключами?

2.4.2.6 Як маючи елемент І-НЕ та інвертори можливо здійснити логічну функцію ІІІ?

2.4.2.7 Як маючи елемент ІІІ та інвертори можливо здійснити логічну функцію І-НЕ?

2.4.2.8 Як маючи чотири елемента І з двома входами кожний, отримати логічний елемент І з п'ятьма входами, намалюйте принципову схему?

2.4.2.9 Намалюйте схему згідно даному порівнянню

$Y = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4$ , застосовуючи двохвходові елементи ІІІ-НЕ.

## 2.5 Комбінаційні цифрові схеми

- Лекції – 4 години;
- Практичні заняття – 2 години;
- Лабораторна робота – 4 години;
- Самостійна робота – 4 години.

Синтез полусуматора. Повний 4-х розрядний суматор, вхідні сигнали, схема каскадування з метою поширення розрядності. Операції складання та віднімання з застосуванням багаторозрядних суматорів. Мікросхеми КР1533ИМ5, КР1533ИМ6.

Цифрові компаратори, таблиця істинності ,каскадування, вхідні сигнали, мікросхема КР1533СП1.

Шифратори та дешифратори кодів. Синтез шифратора на базі основних логічних елементів, синтез дешифраторів, опис призначення вхідних сигналів, мікросхеми КР1533ИВ1, КР1533ИД4, КР1533ИД6, КР1533ИД7.

Перетворювачі кодів. Мультиплексори та демультимплексори, їх синтез, каскадування, застосування як дешифраторів.

Різноманітність мікросхем демультимплексорів, мікросхеми КР1533КП2, КР1533КП7, КР1533КП10, КР1533КП13, КР1533КП19.

Арифметико-логічні елементи, режими роботи, виконання функцій особливості застосування та каскадування.

Мікросхеми типу КР1533ИП3, КР1533ИП4.

Одновібратори та генератори імпульсних сигналів, система вхідних сигналів, схеми елементів, формуючих часові характеристики. Мікросхеми КР1533АГ1, КР1533АГ3, КР530ГТ1 та їх типові схеми вмикання.

[6.1.1] – ст. 480-491,

[6.1.2] – ст. 115-139, 358-359, 210-248,

[6.1.5] – ст. 99-205,

[6.1.7] – ст. 318-343.

### 2.5.1 Методичні вказівки до вивчення теми

Необхідно вивчити основну номенклатуру комбінаційних схем, найбільш сучасною серією цифрових мікросхем є серія ТТЛШ КР1533.

Мультиплексори займають величезну роль в проектуванні багаторежимних мультиплексированих шин у цифрових пристроях та системах.

Основним пристроєм для одержання імпульсної послідовності є кварцовий генератор тактових імпульсів.

### 2.5.2 Запитання для самоперевірки

2.5.2.1 Розв'язати приклади на складання подвійних чисел:  $110+011=$ ,  $1000+1001=$ ,  $1010+0101=$ .

2.5.2.2 Намалюйте умовні графічні позначки полусуматорів та повного суматора з визначеними вхідними сигналами.

2.5.2.3 Розв'язати приклади на віднімання подвійних чисел:  $1100-0010=$ ,  $1111-0110=$ ,  $10010-1011=$ .

2.5.2.4 Намалюйте структурну схему 4-розрядного паралельного віднімателя, використовуючи 4 повних суматорів та 4 інвертори.

2.5.2.5 Намалюйте структурну схему 4-розрядного паралельного віднімателя, використовуючи 4 повних суматорів та 4 логічних елементів “Виключно ІЛІ” та логічний елемент 4І.

2.5.2.6 Намалюйте структурну схему 12-розрядного компаратора на базі мікросхем КР1533СП1.

2.5.2.7 Привести умовно-графічні позначки мультиплексорів КР1533КП7, КР1533КП14, пояснити функціональне призначення вхідних сигналів.

2.5.2.8 Привести перелік логічних операцій, виконуючих АЛП КР1533ИП3.

2.5.2.9 Привести перелік арифметичних операцій ,виконуючих АЛП КР1533ИП3.

2.5.2.10 Привести функціональне призначення вхідних сигналів АЛП.

2.5.2.11 Намалювати схему вмикання формувача імпульсів на ІМС КР1533АГ3 для переднього фронту вхідного сигналу.

2.5.2.12 Намалювати схему вмикання формувача імпульсів на ІМС КР1533АГ3 для заднього фронту вхідного сигналу.

2.5.2.13 Намалювати схему автогенератора імпульсів на ІМС КР1533АГ1.

## 2.6 Тригери

Лекції – 2 години;

Практичні заняття - 1 година;

Лабораторна робота – 4 години;

Самостійна робота – 3 години.

Поняття про елемент пам'яті. Одиниці вимірювання обсягу інформації. Принцип утворення елементів пам'яті, цифрові запам'ятовуючі пристрої з позитивним зворотнім зв'язком.

Асинхронні тригери з роздільним управлінням. Принцип утворення RS-тригеру на елементах Шефера та Пірса, режими роботи, таблиця перемикань. Розширення функцій RS-тригером. Мікросхема КР1533ТР2.

Синхронні RS-тригери С та Д типів. Принцип утворення, особливості застосування, таблиця перемикань. Тригери з комбінованим управлінням. Пріоритет асинхронного управління мікросхеми КР1533ТМ2.

Динамічні тригери D та RS-C типів. Особливості функціонування та застосування. Динамічні тригери з комбінованим управлінням.

Лічильний тригер. Принцип дії, утворення на базі динамічних D та RS-C типів тригерів.

Універсальні JK-тригери, E-тригери: утворення, вхідні сигнали, застосування. Мікросхеми КР1533ТВ6, КР1533 ТВ15.

[6.1.1] –ст. 265-332,

[6.1.5]–ст. 61-90,

[6.1.2] –ст.-140-162,

[6.1.1] –ст. 117-122.

### 2.6.1 Методичні вказівки до вивчення теми

Основним елементом пам'яті у цифрових пристроях є тригери, самими розповсюдженими тригерами являються D-тригери та JK-тригери, їх структури необхідно вивчити дуже гарно.

### 2.6.2 Запитання для самоперевірки

2.6.2.1 Пояснити принцип утворення асинхронних тригерів.

2.6.2.2 Пояснити функції вхідних сигналів D-тригеру КР1533ТМ2.

2.6.2.3 Скласти таблицю перемикачів вихідних сигналів RS-тригеру.

2.6.2.4 Скласти таблицю перемикачів синхронного RS-тригеру.

2.6.2.5 Скласти таблицю перемикачів синхронного D-тригеру.

2.6.2.6 Скласти таблицю перемикачів універсального JK-тригеру.

2.6.2.7 Намалювати умовно-графічні позначки тригерів, що мають асинхронні входи RS та CLR.

2.6.2.8 Який вхідний сигнал буде контролювати стан виходів JK-тригеру при одночасному поданні сигналів на синхронний та асинхронний входи.

2.6.2.9 Пояснити принцип запуску JK-тригеру типу ведучий/ведомий.

2.6.2.10 Перелічити режими роботи тригеру КР1533ТВ15.

### 2.7 Цифрові автомати

Лекції – 2 години;

Практичні заняття – 1 година;

Лабораторні роботи – 6 годин;

Самостійна робота - 4 години.

Регістри, їх різновид та класифікація, статичні та динамічні паралельні реєстри, особливості характеристик та їх застосування. Мікросхеми КР1533ТМ7, КР1533ТМ8, КР1533ТМ9, К1533ІР22, К1533ІР34.

Зсувні реєстри. Побудування зсувних реєстрів на основі динамічних D та RSC-тригерів. Перетворення послідовних кодів в паралельні реверсивні зсувні реєстри. Мікросхеми КР1533ІР8, КР1533ІР9, КР1533ІР31.

Універсальні реєстри, принцип побудування, режими роботи, функціональні можливості. Мікросхеми КР1533ІР11, КР1533ІР16, КР1533ІР37.

Асинхронні лічильники та подільники частоти. Затримка перемикаць, нестійкий стан, обмеження частоти перемикаць та розрядності. Зміна кількості штатних дій та коефіцієнтів ділення частоти. Мікросхеми КР1533ІЕ2, КР1533ІЕ5, КР1533ІЕ8.

Синхронні лічильники та подільники частоти. Принцип побудування та каскадування лічильників. Побудування лічильників з свавільною кількістю штатних дій. Комбіновані синхронні лічильники, їх функціональні особливості. Мікросхеми КР1533ІЕ6, КР1533ІЕ7, КР1533ІЕ10, КР1533ІЕ16, КР1533ІЕ17, КР1533ІЕ20.

[6.1.1] –ст. 456-479,

[6.1.2] –ст. 163-209,

[6.1.5] –ст. 206-260,

[6.1.7] –ст. 344-368.

### **2.7.1 Методичні вказівки до вивчення теми**

Треба уділити достатньо уваги для вивчення принципів побудування паралельних та зсувних реєстрів, лічильників та подільників частоти з довільним коефіцієнтом ділення.

### **2.7.2 Запитання для самоперевірки**

2.7.2.1 Намалювати схему 6-розрядного послідовного реєстра зсуву праворуч (із тригерів КР1533ТМ9).

2.7.2.2 На якому вході активний сигнал блокує дії інших входів реєстру зсуву?

2.7.2.3 Визначити режими роботи універсальних реєстрів.

2.7.2.4 Застосування лічильників подвійного коду.

2.7.2.5 Як перетворити підсумовуючий лічильник у віднімаючий?

2.7.2.6 Намалюйте схему асинхронного лічильника по модулю 8.



2.7.2.7 Намалюйте схему асинхронного лічильника по модулю 11.

2.7.2.9 Перетворити лічильник по модулю 8 у лічильник по модулю 5.

2.7.2.10 Намалюйте схему 8-розрядного лічильника по модулю 256, застосовуючи JK-тригери.

## 2.8 Запам'ятовуючі пристрої

Лекцій – 2 години;

Практичних занять – 1 година;

Лабораторних робіт – 2 години;

Самостійна робота – 3 години.

Поняття про обсяг та формат даних, структура та організація ЗП. Роль ЗП в мікропроцесорних пристроях та системах.

Регістрові ОЗП, можливості, структура організації адреси, особливості застосування. Мікросхеми K134PM1, KP1533RP1, K5801P82.

Класифікація ОЗП: статичні та динамічні ЗП, їх різноманітність. Методи побудування блоків ЗП заданого формату. Розширення та поглиблення формату ЗП, побудування адресних дешифраторів. Формування шин адреси, даних та управління. Мікросхеми KP541PY2, K185PY7, KP537PY17.

Постійні ЗП (ПЗП) їх класифікація, структура організації ПЗП великої ємності, особливості застосування.

Методи та техніка програмування та стирання інформації. Мікросхеми KP565PT18, K573PФ8A, KM1608PT2, 1601PP3.

[6.1.2 ] – ст. 256-283,

[6.1.5] – ст. 214-229,

[6.2.13] – ст. 223-248.

### 2.8.1 Методичні вказівки до вивчення теми

При вивченні даної теми необхідно засвоїти основну структуру та організацію ЗП, уявити їх роль для збереження інформації на достатньо великий час.

Усі ЗП мають шину організації сигналів адреси та управління, шина даних завжди двонаправлена.

Необхідно ознайомитися з методами надійного програмування та стирання інформації.

## 2.8.2 Запитання для самоперевірки

2.8.2.1 Як заноситься інформація в ЗП?

2.8.2.2 Привести класифікацію ОЗП.

2.8.2.3 Привести недоліки статичних ОЗП.

2.8.2.4 Перелічити функції сигналів управління мікросхем  
KP537PY17, K573PФ8А

2.8.2.5 Застосування ПЗП як генератора цифрових слів.

2.8.2.6 Привести часові діаграми динамічних ОЗП у режимі читання.

2.8.2.7 Привести часові діаграми динамічних ОЗП у режимі запуску інформації.

2.8.2.8 Скласти схему ОЗП з організацією 512Кх8.

## 2.9 Структури мікропроцесорів та мікропроцесорних систем

Лекції – 2 години;

Практичні заняття – 1 година;

Лабораторна робота – 2 години;

Самостійна робота – 2 години.

Структурна схема та основні функції елементів мікропроцесорів. Пристрій управління, арифметичний пристрій, акумулятор, регістр флагів, регістри загального призначення, лічильник команд, показчик стека, регістр команд, формувач слова та стану процесора, сегментні регістри, порти вводу – виводу, таймери.

Основні сигнали та діаграми роботи МП у режимі виконання програм. Взаємодія МП з зовнішніми пристроями за часом процесорного циклу. Функціонування МП у режимі скидання та затримки. Засоби обслуговування припинень. Порівняльна характеристика МП типів KP580BM80A, KP1821BM85, KP1810BM86, KP1830BE31, BE48, BE51.

Архітектурні особливості сучасних мікроконтролерів. МК фірми ATMEL, PIC-контролери фірми Microchip, МК фірми Motorola.

Структура організації портів вводу-виводу, програмований ввід-вивід, ввід-вивід за припиненням, пріоритет припинень, ввід-вивід з прямим доступом до пам'яті.

Архітектура мікропроцесорів Pentium, RISC-процесорів.

Основні елементи мікропроцесорної системи та їх призначення. Інтерфейси зовнішніх пристроїв. Поняття системної шини, призначення та склад шин адреси, даних та управління. Мультиплексірована шина адреси-даних. Основні параметри та характеристики МПС.

[6.1.2] –ст. 284-335,

[6.1.4] – (кн.1) ст. 14-139, 245-339,

[6.1.6] –ст. 19-97,

[6.2.13] –ст. 94-300,

[6.1.7] –ст. 369-417.

### 2.9.1 Методичні вказівки до вивчення теми

Мікропроцесорну серію KP580 треба вивчати тільки з метою з'ясування схем побудування та порозуміння режимів роботи взагалі мікропроцесору.

Всі сучасні мікропроцесори мають більш складнішу та універсальну архітектуру, велику продуктивність, можливість взаємодіяти з ОЗП величезного об'єму.

Більшість сучасних мікропроцесорів та мікроконтролерів складаються за RISC-архітектурою, яка характеризується обмеженою кількістю команд, роздільними шинами адреси та даних (зовнішні та внутрішні), застосування обробки інформації конвеєрного типу.

Треба добре вивчити структуру, архітектурні особливості, виконання режимів роботи мікропроцесору типу MSC51.

### 2.9.2 Запитання для самоперевірки

2.9.2.1 Перелічити основні команди мікропроцесору.

2.9.2.2 Перелічити команди пересилки даних.

2.9.2.3 Перелічити арифметичні команди.

2.9.2.4 Перелічити логічні команди.

2.9.2.5 Перелічити команди переходу та виклику підпрограм.

2.9.2.6 Привести структурну схему мікропроцесору KP1810BM86.

2.9.2.7 Привести структурну схему PIC-мікроконтролера типу 16C5XX.

2.9.2.8 Привести часові діаграми режиму запису для мікропроцесору MSC51.

2.9.2.9 Перелічити засоби адресації.

2.9.2.10 Як поширює можливості МП стек?

2.9.2.11 Засоби застосування Flash пам'яті у МП.

2.9.2.12 Види стандартизації архітектури мікропроцесорів.

2.9.2.13 Перелічити засоби вимірювання продуктивності МП.

2.9.2.14 Привести структурну схему Pentium MMX, та пояснити функціональні призначення елементів схеми.

2.9.2.15 Привести структурну схему мікропроцесору Pentium Pro та пояснити функціональне призначення елементів схеми.

## 2.10 Апаратні засоби мікропроцесорних систем

Лекцій – 3 години;

Лабораторні роботи – 2 години;

Практичні заняття – 2 години;

Самостійна робота – 4 години.

Генератори фаз, системні контролери та контролери шин. Мікросхеми КР580ГФ24, КР1810ГФ84, КР1810ВГ88.

Інтерфейс паралельного вводу-виводу, програмований паралельний інтерфейс КР580ВВ55А, його структурна схема та програмування. Робота у режимах асинхронного, синхронного та двохнаправленого зв'язку.

Інтерфейс послідовного вводу-виводу. Принципи організації асинхронного та синхронного послідовного прийому-передачі даних, програмований послідовний інтерфейс КР580ВВ51 та його структурні особливості, застосування у сучасних МПС.

Контролер клавіатури та індикації. Структурна схема та застосування програмованого контролера клавіатури та індикації КР580ВВ79.

Контролер дисплея. Структурна схема програмованого контролера дисплея КР580ВГ75. Забезпечення параметрів рядкової та кадрової синхронізації.

Програмовані таймери. Структурні схеми таймерів КР580ВІ53, КР1810ВІ54, режими роботи, особливості застосування з сучасними МП.

Контролер припинень. Обслуговування припинень за вектором чи за адресою. Структурна схема програмованого контролера припинень КР1810ВН59А. Команди ініціалізації та оперативного управління.

Мікроконтролери AVR серії АТ90 з RISC-архітектурою, мікроконтролер АduС812 фірми Analog Devices.

Засоби програмування та налагодження.

[6.1.4] – ст.171 – 317,

[6.1.6] – ст.129 – 199,

[6.1.3] – ст.11 – 133,

[6.2.13] – ст.302 – 328.

### **2.10.1 Методичні вказівки до вивчення теми**

При вивченні даної теми треба ясно порозуміти, що значну більшість функцій мікросхем спеціалізованих контролерів виконують універсальні сучасні однокристальні програмовані мікроконтролери з RISC-архітектурою. Треба ознайомитися з характеристиками та структурними схемами: МК PIC16C5XX, PIC16C8XX, типу AduC812 фірми Analog Devices, типу MSC51, випускаючих багатьма фірмами, AT90C8XX.

Всі сучасні МК знаходять широке застосування у радіотехнічних системах різноманітного призначення.

### **2.10.2 Запитання для самоперевірки**

2.10.2.1 Привести структурну схему контролеру KP580BK38, KP1810BK88.

2.10.2.2 Привести структурну схему таймеру KP580BI53.

2.10.2.3 Охарактеризувати режими роботи таймеру KP580BI53.

2.10.2.4 Скласти часові діаграми таймеру до режиму формування вихідних імпульсів заданої тривалості.

2.10.2.5 Привести структурну схему багатоканального вимірювача напруги.

2.10.2.6 Привести структурну схему частотоміру с МК.

2.10.2.7 Привести структурну схему обробки сигналів ЦАП с МК.

2.10.2.8 Привести структурну схему обробки на МК радіолокаційних сигналів.

2.10.2.9 Привести структурну схему застосування МК у системі наведення антен супутникових систем зв'язку.

### **3 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

#### **3.1 Лабораторні роботи, їх назва та обсяг**

3.1.1 Вивчення лабораторного обладнання – 2 год.

3.1.2 Дослідження характеристик лінійних імпульсних ланцюгів – 2 год.

3.1.3 Дослідження характеристик релаксаційних пристроїв – 2 год.

3.1.4 Дослідження режимів роботи тригера – 2 год.

3.1.5 Дослідження характеристик та параметрів ЦАП (K572 ПА1А) – 2 год.

3.1.6 Дослідження характеристик та параметрів АЦП (K1113ПВ1) – 2 год.

3.1.7 Дослідження характеристик комбінаційних цифрових мікросхем – 4 год.

3.1.8 Дослідження характеристик та таблиць перемикань цифрових автоматів – 2 год.

3.1.9 Дослідження режимів роботи арифметико-логічного пристрою K555ИПЗ – 2 год.

3.1.10 Вивчення структури процесора КР1810 ВМ86 – 1 год.

3.1.11 Вивчення структури мікроконтролера PIC16C84F – 1 год.

3.1.12 Дослідження режимів роботи програмованого паралельного інтерфейсу – 2 год.

3.1.13 Дослідження характеристик та режимів роботи програмованого таймера КР580ВИ53 – 2 год.

3.1.14 Режими та програмування однокристалного мікроконтролера КР1817 ВЕ31 – 4 год.

## 3.2 Практичні заняття, їх назва та обсяг

3.2.1 Параметри імпульсних сигналів – 1 год.

3.2.2 Диференціюючі та інтегруючі ланцюги – 1 год.

3.2.3 Статичні та динамічні режими насиченого транзисторного ключа – 2 год.

3.2.4 Засоби підвищення швидкодії транзисторного ключа. Ненасичені ключі – 2 год.

3.2.5 Ключі на польових транзисторах – 1 год.

3.2.6 Мінімізація логічних порівнянь – 1 год.

3.2.7 Визначення параметрів логічних елементів ТТЛ – 1 год.

3.2.8 Побудування схем дешифраторів з довільним розподілом – 1 год.

3.2.9 Побудування схем лічильників та подільників частоти з довільним коефіцієнтом лічіння – 1 год.

3.2.10 Структурна схема мікроконтролера – 1 год.

3.2.11 Засоби підключення зовнішніх пристроїв ПЗП, ОЗП до МК – 1 год.

3.2.12 Пристрої оперативного управління та динамічної індикації у мікропроцесорних системах – 1 год.

## **4 ПЕРЕЛІК ЗАЛІКОВИХ ТА ЕКЗАМЕНАЦІЙНИХ ЗАПИТАНЬ**

### **4.1 Перелік залікових запитань**

4.1.1 Характеристики та параметри імпульсних сигналів.

4.1.2 Рівні цифрового сигналу. Зона невизначених рівнів ТТЛ сигналів.

4.1.3 Різновид позиційних систем лічіння, їх характеристики та засоби застосування.

4.1.4 Позиційний подвійний код, перетворення числових значень, розклад чисел по вагомим коефіцієнтам.

4.1.5 Подвійно-десятинний код та його застосування.

4.1.6 Характеристики насиченого транзисторного ключа.

4.1.7 Лінійні імпульсні ланцюги.

4.1.8 Що містить в собі принцип сумісності вхідних та вихідних сигналів ЛЕ?

4.1.9 Перелічити динамічні параметри біполярного транзистора.

4.1.10 Чим визначаються перехідні процеси у транзисторному ключі?

4.1.11 Чому рівні  $U^0$  і  $U^1$  ТТЛ-елементів стали “стандартними” у цифрових пристроях?

4.1.12 У чому особливість структури багатомірного транзистора у ТТЛ -елементах?

4.1.13 Перелічити статичні та динамічні параметри та характеристики ТТЛ-елементів.

4.1.14 Чим пояснюється висока швидкодія ЕЗЛ-елементів?

4.1.15 Провести аналіз статичних характеристик ЕЗЛ-елементів.

4.1.16 В чому переваги елементів КМДП типу?

4.1.17 Для чого використовуються буферні підсилювачі?

4.1.18 Що таке логічні розширювачі?



4.1.19 Перелічити схеми, що застосовуються для побудування перетворювачів рівней.

4.1.20 Принцип роботи симетричного мультівібратора.

4.1.21 Привести часові діаграми жданого одновібратора.

4.1.22 Вибір напруги живлення генератора пилкоподібної напруги з розрядним транзистором.

4.1.23 Час установлення ЦАП, чим він обумовлений?

4.1.24 Чим обумовлений час перетворення АЦП?

4.1.25 Типова схема включення інтегрального таймеру КР1006ВИ1.

4.1.26 Перелічити основні теореми алгебри логіки.

4.1.27 Застосування таблиць Карно для мінімізації логічних функцій.

4.1.28 Застосування багатофункціональних логічних елементів (наприклад КР1533ЛР11).

4.1.29 Таблиці істинності основних логічних елементів: ЛН1, ЛН1, ЛЛ1, ЛАЗ, ЛЕ1.

4.1.30 Схеми магістральних передавачів та приймачів (КР1533 АП6+АП16).

## **4.2 Перелік екзаменаційних запитань**

4.2.1 Форма та характеристики імпульсних сигналів.

4.2.2 Переваги та недоліки цифрових методів обробки інформації.

4.2.3 Різновид та характеристики різноманітних систем лічіння.

4.2.4 Застосування подвійних кодів.

4.2.5 Статичні параметри та характеристики транзисторних ключей.

4.2.6 Динамічні параметри та характеристики транзисторних ключей. Засоби підвищення швидкодії.

4.2.7 Інтегруючі ланцюги, характеристики та застосування.

4.2.8 Диференційовані ланцюги, характеристики та застосування.

4.2.9 Характеристики симетричних мультівібраторів, ланцюги заряду та розряду формуючих ємностей.

4.2.10 Ждучий одновібратор, засоби запуску.

4.2.11 Схеми генераторів пилоподібної напруги та струму.

4.2.12 Характеристики сучасних мікросхем ЦАП.

4.2.13 Характеристики мікросхем АЦП.

4.2.14 Типова схема включення інтегрального таймеру КР1006ВИ1.

4.2.15 Основні функції та теореми алгебри логіки.

4.2.16 Основні логічні елементи, їхні таблиці істинності, логічні порівняння, умовно-графічні позначки.

4.2.17 Основні аксіоми та тотожності алгебри логіки.

4.2.18 Правила побудування та застосування таблиць Карно для мінімізації логічних функцій.

4.2.19 Характеристики та параметри базового елемента ТТЛ.

4.2.20 Характеристики та параметри ЕЗЛ-елементу.

4.2.21 Характеристики та параметри КМДП логічних елементів.

4.2.22 Повторювачі сигналів та елементів з трьома станами.

4.2.23 Параметри та характеристики навантаження магістральних прийомо-передавачів.

4.2.24 Схеми з відкритими колектором, емітером та їх застосування.

4.2.25 Повний 4-х розрядний суматор, вхідні сигнали, засоби каскадування для підвищення розрядності.

4.2.26 Параметри та характеристики цифрових компараторів.

4.2.27 Різновид дешифраторів та їх застосування.

4.2.28 Характеристики та схеми перетворювачів різноманітних кодів.

4.2.29 Мультіплексори, їх синтез та застосування.

4.2.30 Схеми формувачів та генераторів сигналів на базі застосування мікросхем КР1533АГ1, КР1533АГ3, КР530ГГ1.

4.2.31 Режими роботи, система вхідних сигналів АЛП (КР1533 ИП3, ИП4).

4.2.32 Принцип роботи асинхронних тригерів.

4.2.33 Різновид та порівняльна характеристика тригерів.

4.2.34 Динамічні тригери D, RSC типів.

4.2.35 Принцип дії лічильних тригерів.

4.2.36 Застосування різноманітних схем тригерів.

4.2.37 Особливості застосування паралельних регістрів.

4.2.38 Побудування універсальних регістрів, вхідні сигнали для організації режиму зсуву.

4.2.39 Принципи побудування асинхронних лічильників та дільників частоти.

4.2.40 Принципи побудування синхронних лічильників, функціональні особливості комбінованих синхронних лічильників.

4.2.41 Можливості та принцип побудування регістрових ЗП (запам'ятовуючих пристроїв).

4.2.42 Класифікація та характеристики ОЗП, часові діаграми.

4.2.43 Класифікація та особливості застосування ПЗП.

4.2.44 Методи запису та стирання інформації в ПЗП.

4.2.45 Основні елементи мікропроцесора: процесор, ПЗП, ОЗП, порт вводу – виводу, схема управління – їх функціональні призначення.

4.2.46 Принцип шинної організації МП систем.

4.2.47 Характеристики мультиплексірованої шини адресних даних.

4.2.48 Основні параметри МП систем, застосування набору команд процесору.

4.2.49 Різновид інтерфейсів зовнішніх пристроїв.

4.2.50 Основні режими роботи МП.

4.2.51 Часові діаграми роботи МП у режимі виконання програм.

4.2.52 Структурна схема програмованого паралельного інтерфейсу КР580ВВ55А.

4.2.53 Структурна схема та характеристики програмованих таймерів КР580ВІ53, КР1810ВІ54.

4.2.54 Структура програмованого інтерфейсу послідовного вводу-виводу КР580ВВ51А.

4.2.55 Засоби обслуговування припинень.

4.2.56 Особливості побудування сучасних однокристальних мікроконтролерів.

4.2.57 Методи організації вводу-виводу з портами МК.

4.2.58 Застосування МК, як цифрового пристрою.

4.2.59 Система команд МП.

4.2.60 Системне програмне забезпечення.

4.2.61 Засоби програмування та налагодження МП систем.

## 5 КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

По даній дисципліні виконується 2 контрольні роботи. Кількість задач, що вирішуються та їх номери для кожної групи призначає викладач. Номер варіанту визначається порядковим номером студента в списку групи. Умови задач і варіанти даних надаються далі. Рішення кожної задачі повинно супроводитися наявністю принципової схеми та часових діаграм, пояснюючих принцип дії схеми. Контрольна робота №1 – зад. 5.1-5.10, контрольна робота №2 – зад. 5.11-5.20.

### Задача 5.1

Розрахувати характеристики транзисторного ключа з прискоряючим конденсатором, побудованому на транзисторі заданого типу та визначити його швидкодією  $t_{\text{вкл}}$ ,  $t_{\text{вискл}}$ , якщо на вхід подана напруга прямокутної форми з заданими параметрами  $E_{r1}$ ,  $E_{r2}$ ,  $R_r$  та  $E_k$ . Ключ має навантаження  $R_n, C_n$ .

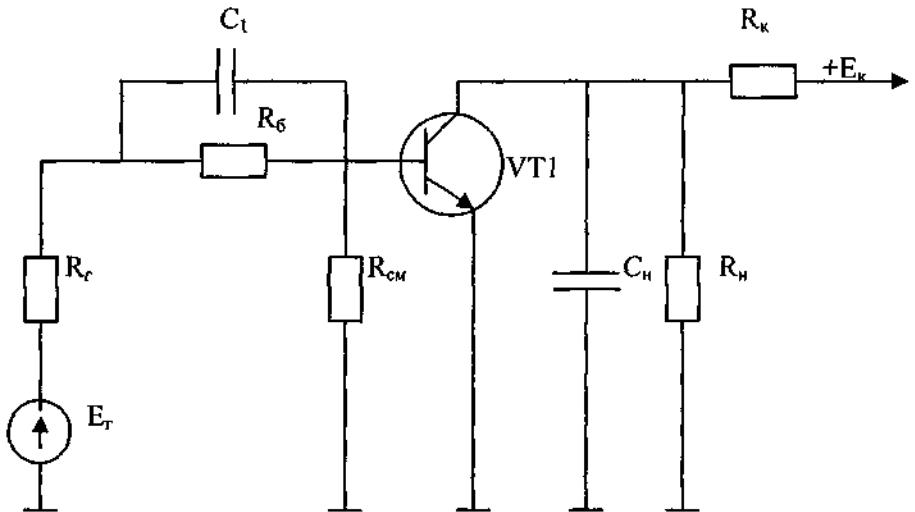


Рисунок 5.1 – Схема ключа

Таблиця 5.1 – Початкові дані до задачі 5.1

| № вар. | $E_{r1}$ , В | $E_{r2}$ , В | $R_r$ , кОм | Тип транзистора | $E_k$ , В | $R_{нн}$ , кОм | $C_{нн}$ , пФ |
|--------|--------------|--------------|-------------|-----------------|-----------|----------------|---------------|
| 1      | 1,5          | 0,1          | 0,1         | КТ306А          | 6         | 5,1            | 10            |
| 2      | 2,2          | 0,5          | 0,2         | КТ312Б          | 9         | 7,5            | 20            |
| 3      | 3,5          | 0,4          | 0,3         | ГТ313А          | 10        | 9,1            | 15            |
| 4      | 2,5          | 1,0          | 0,15        | КТ339           | 12        | 10             | 47            |
| 5      | 2,4          | -0,5         | 0,33        | КТ325В          | 15        | 12             | 33            |
| 6      | 2,7          | 0,7          | 0,47        | КТ326Б          | -10       | 8,2            | 56            |
| 7      | 3,0          | 0,5          | 0,68        | КТ358Б          | 12        | 2,2            | 20            |
| 8      | 3,3          | 1,2          | 0,62        | КТ3130Г         | 10        | 4,3            | 30            |
| 9      | 3,6          | 1,35         | 0,15        | КТ3102А         | 15        | 1,0            | 330           |
| 10     | 4,2          | -0,1         | 0,13        | КТ385АМ         | 9         | 0,470          | 100           |
| 11     | 4,5          | -0,2         | 0,20        | КТ363Б          | -12       | 1,5            | 22            |
| 12     | 4,75         | 0,9          | 0,22        | КТ369Б          | 24        | 2,7            | 36            |
| 13     | 5,0          | 1,25         | 0,56        | КТ345Б          | -15       | 0,75           | 56            |
| 14     | 3,7          | 0,6          | 0,75        | КТ342           | 7,5       | 3,6            | 43            |
| 15     | 2,6          | 0,8          | 0,51        | КТ373А          | 10        | 3,3            | 47            |
| 16     | 1,7          | -0,5         | 0,33        | КТ370А          | 9         | 5,6            | 15            |
| 17     | 3,4          | -0,2         | 0,62        | КТ399А          | 12        | 4,7            | 10            |
| 18     | 4,8          | 0,45         | 0,82        | КТ366А          | 16        | 0,68           | 220           |
| 19     | 5,2          | 0,7          | 0,91        | КТ333Г          | 18        | 0,91           | 470           |
| 20     | 5,5          | 0,8          | 0,47        | КТ316Д          | 10        | 1,1            | 330           |
| 21     | 6,3          | 1,1          | 0,12        | КТ3117А         | 12        | 0,300          | 51            |

## Задача 5.2

Визначити тривалість вмикання та вимикання, потужність споживання ключа, побудованого на польовому транзисторі заданого типу.

Задані характеристики вхідного сигналу  $E_T$ ,  $Q$ ,  $E_c$ ,  $R_c$  та параметри транзистору  $U_0$ ,  $b$ -питома крутизна ПТ.

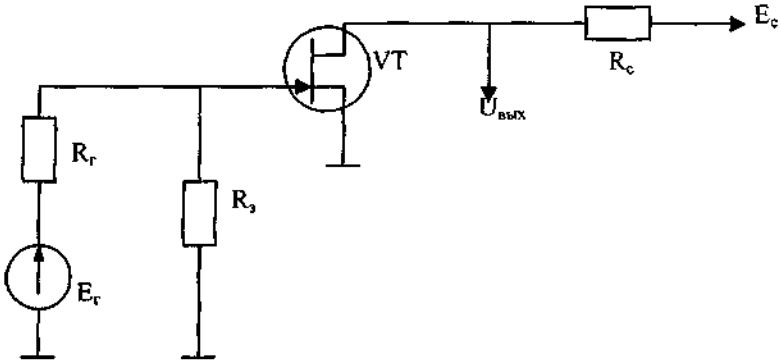


Рисунок 5.2 – Схема ключа на ПТ

Таблиця 5.2 – Початкові дані до задачі 5.2

| № вар. | $E_r$ , В | Q  | $E_c$ , В | $R_c$ , кОм | Тип транзистора | Напруга відсічки $U_0$ , В | Крутизна в, $mA/V^2$ |
|--------|-----------|----|-----------|-------------|-----------------|----------------------------|----------------------|
| 1      | 7         | 3  | 12        | 3,9         | КП301Б          | 3,3                        | 0,1                  |
| 2      | 13        | 4  | 10        | 1,5         | КП302В          | 10                         | 0,15                 |
| 3      | 9,5       | 5  | 15        | 3,3         | КП303А          | 2,5                        | 0,22                 |
| 4      | 12,5      | 6  | 12        | 4,3         | КП307Б          | 3,5                        | 0,3                  |
| 5      | 10        | 2  | 15        | 5,1         | КП313А          | 6                          | 0,27                 |
| 6      | 3,6       | 3  | 10        | 7,5         | КП308А          | 0,6                        | 0,11                 |
| 7      | 12,0      | 4  | 12        | 8,2         | КП312А          | 8                          | 0,4                  |
| 8      | 8,5       | 5  | 13        | 10          | КП323Б          | 5,5                        | 0,35                 |
| 9      | 9,5       | 6  | 15        | 4,7         | КП314А          | 4,5                        | 0,37                 |
| 10     | 10        | 7  | 10        | 2,2         | КП307Ж          | 7                          | 0,3                  |
| 11     | 14        | 8  | 11        | 2,7         | КП302Б          | 7                          | 0,66                 |
| 12     | 9,5       | 9  | 12        | 2,4         | КП305Д          | 6                          | 0,52                 |
| 13     | 7,2       | 10 | 13        | 1,8         | КП103Б          | 2,2                        | 0,5                  |
| 14     | 8,5       | 2  | 14        | 2,0         | КП307В          | 4,5                        | 0,45                 |
| 15     | 5,8       | 3  | 15        | 3,6         | КП103И          | 1,8                        | 0,55                 |

|    |     |   |     |     |        |     |      |
|----|-----|---|-----|-----|--------|-----|------|
| 16 | 13  | 4 | 7,5 | 1,5 | КП303Е | 8   | 0,25 |
| 17 | 4,1 | 5 | 9   | 1,8 | КП308Б | 1,1 | 0,12 |
| 18 | 5,9 | 6 | 6,3 | 1,2 | КП103К | 2,9 | 0,6  |
| 19 | 6,5 | 7 | 8   | 2,2 | КП333А | 3,5 | 0,24 |
| 20 | 4,5 | 8 | 9   | 1,3 | КП308Д | 2,5 | 0,16 |
| 21 | 9   | 9 | 10  | 1,6 | КП303Д | 7   | 0,26 |

### Задача 5.3

Розрахувати елементи тригеру Шмітта на БТ, працюючого в якості формувача прямокутних позитивних імпульсів з амплітудою  $U_{\text{вих}}$  і тривалістю  $t_{\text{вих}}$  з вхідного сигналу синусоїдальної форми з амплітудою  $U_{\text{вх}}$ .

Температура навколишнього середовища  $T_0=20^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{max}}=+65^\circ\text{C}$ .

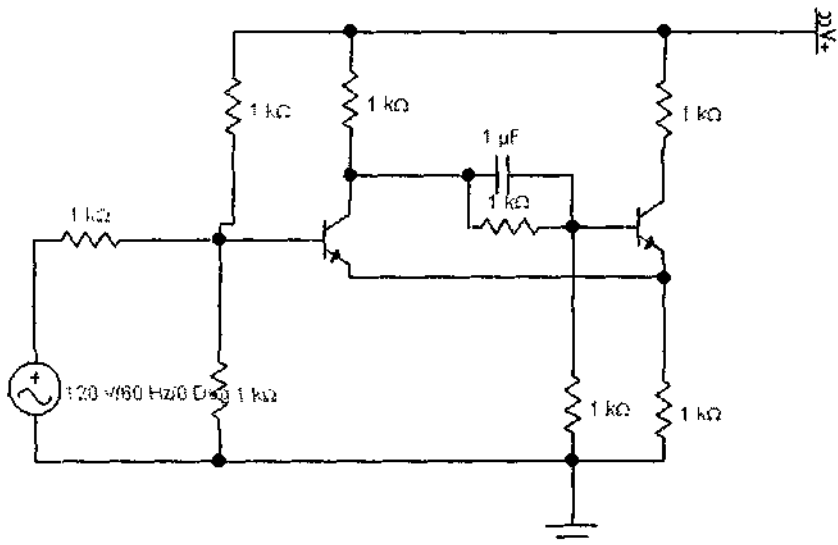


Рисунок 5.3 – Схема формувача імпульсів



Таблиця 5.3 – Початкові дані до задачі 5.3

| № вар. | $U_{\text{вих}}, \text{В}$ | $R_r, \text{кОм}$ | Тип Транзисторів | $R_{\text{ш}}, \text{кОм}$ | $t_{\text{вих}}, \text{мс}$ |
|--------|----------------------------|-------------------|------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1.     | 5                          | 0,1               | КТ312А           | 10                         | 5                           |
| 2.     | 7                          | 0,2               | КТ333А           | 2                          | 0,07                        |
| 3.     | 6                          | 0,3               | КТ339А           | 1,6                        | 0,08                        |
| 4.     | 9                          | 0,15              | КТ306Б           | 1,3                        | 0,068                       |
| 5.     | 3                          | 0,22              | КТ325А           | 1                          | 0,009                       |
| 6.     | 4                          | 0,33              | КТ326А           | 2,2                        | 0,072                       |
| 7.     | 5                          | 0,43              | КТ366А           | 2,7                        | 0,051                       |
| 8.     | 6                          | 0,47              | КТ399А           | 0,3                        | 0,0001                      |
| 9.     | 7                          | 0,56              | КТ373Б           | 1,5                        | 0,44                        |
| 10.    | 2,5                        | 0,16              | КТ316Б           | 1,8                        | 0,1                         |
| 11.    | 3,5                        | 0,24              | КТ363Б           | 2,4                        | 0,22                        |
| 12.    | 4,5                        | 0,27              | КТ3102А          | 0,51                       | 0,01                        |
| 13.    | 5,5                        | 0,33              | КТ3107Б          | 0,62                       | 0,02                        |
| 14.    | 6,5                        | 0,39              | КТ358Б           | 0,39                       | 0,03                        |
| 15.    | 7,5                        | 0,51              | КТ3117Б          | 0,360                      | 0,04                        |
| 16.    | 10                         | 0,75              | КТ345В           | 0,470                      | 0,06                        |
| 17.    | 8                          | 1                 | КТ201Б           | 15                         | 10                          |
| 18.    | 6                          | 1,5               | КТ208М           | 20                         | 20                          |
| 19.    | 4                          | 0,1               | КТ342            | 2,4                        | 2                           |
| 20.    | 2                          | 0,15              | КТ385БМ          | 3                          | 1,1                         |
| 21.    | 3,5                        | 0,25              | КТ369А           | 0,22                       | 0,005                       |

## Задача 5.4

Визначити порогові напруги спрацьовування та відпускання у схемі тригера Шмітта на ОП заданого типу. Задані параметри схеми  $U_{\text{оп}}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $U_{\text{вихmax}}^{\pm}$ .

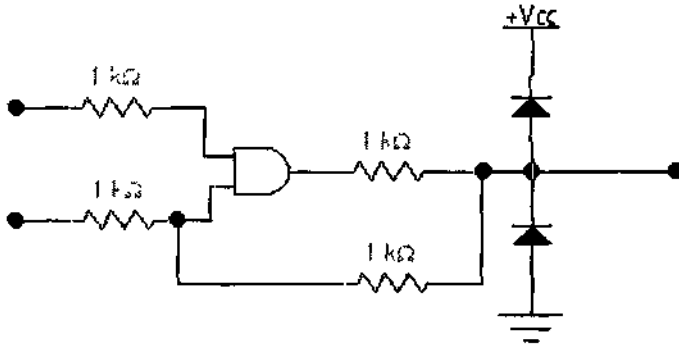


Рисунок 5.4 – Схема компаратора на ОП

Таблиця 5.4 – Початкові дані до задачі 5.4

| № ва р. | $U_{оп}, В$ | $R_1,$<br>кОм | $R_2,$<br>кОм | $U_{вих макс},$<br>В | $U_{вих макс}, В$ | Тип ОП      |
|---------|-------------|---------------|---------------|----------------------|-------------------|-------------|
| 1.      | 0,75        | 0,47          | 4,7           | 12                   | -12               | 140УД6      |
| 2.      | 0,87        | 0,75          | 75            | 11                   | -11               | 140УД7      |
| 3.      | 1,0         | 1,0           | 10            | 10                   | -10               | 140УД8      |
| 4.      | 1,1         | 1,2           | 24            | +1                   | -1                | 140УД1<br>3 |
| 5.      | 1,2         | 1,3           | 26            | 11                   | -11               | 140УД2<br>0 |
| 6.      | 1,35        | 1,5           | 30            | 9                    | -9                | 140УД2<br>2 |
| 7.      | 1,5         | 2,0           | 20            | 10                   | -10               | 153УД3      |
| 8.      | 1,6         | 2,2           | 22            | 9                    | -9                | 153УД2      |
| 9.      | 1,75        | 2,4           | 48            | 10                   | -10               | 153УД5      |
| 10.     | 1,9         | 2,7           | 54            | 8,5                  | -8,5              | 544УД2      |
| 11.     | 2,0         | 3,0           | 60            | 9,5                  | -9,5              | 551УД1      |
| 12.     | 2,2         | 1,1           | 110           | 10                   | -10               | 551УД2      |
| 13.     | 2,6         | 1,3           | 2,6           | +6,5                 | -6,5              | 1407УД<br>2 |
| 14.     | 3,0         | 1,5           | 22,5          | 10                   | -10               | 544УД1      |
| 15.     | 3,3         | 1,8           | 36            | 10                   | -10               | 574УД1      |
| 16.     | 3,5         | 2,0           | 100           | 11                   | -11               | 574УД2      |
| 17.     | 4,0         | 2,2           | 110           | 12                   | -12               | 157УД1      |
| 18.     | 4,5         | 2,4           | 24            | 13                   | -13               | 157УД2      |

|     |     |     |     |       |       |             |
|-----|-----|-----|-----|-------|-------|-------------|
| 19. | 5,0 | 2,7 | 27  | +4    | -4    | 1407УД<br>3 |
| 20. | 5,5 | 3,0 | 60  | +0,75 | -0,75 | 1407УД<br>4 |
| 21. | 3,7 | 3,3 | 115 | +3    | -3    | 1407УД<br>1 |

### Задача 5.5

Розрахувати елементи схеми автоколивального мультівібратора та вибрати типи транзисторів, що генерують прямокутні імпульси з амплітудою  $U_{\text{вих}}$ , тривалістю  $t_{\text{и}}$ , частотою  $F$  на опорі навантаження  $R_{\text{н}}$ .

Робочий діапазон температур оточуючого середовища  $+20^{\circ}\text{C} \div +65^{\circ}\text{C}$ .

Оцінити нестабільність частоти імпульсів, що генеруються, як зміниться частота мультівібратора, якщо базові резистори  $R_1$ ,  $R_2$  підключити до джерела живлення  $E_0$ , визначити мінімально можливе значення  $E_0$ , при якому МВ зберігає працездатність.

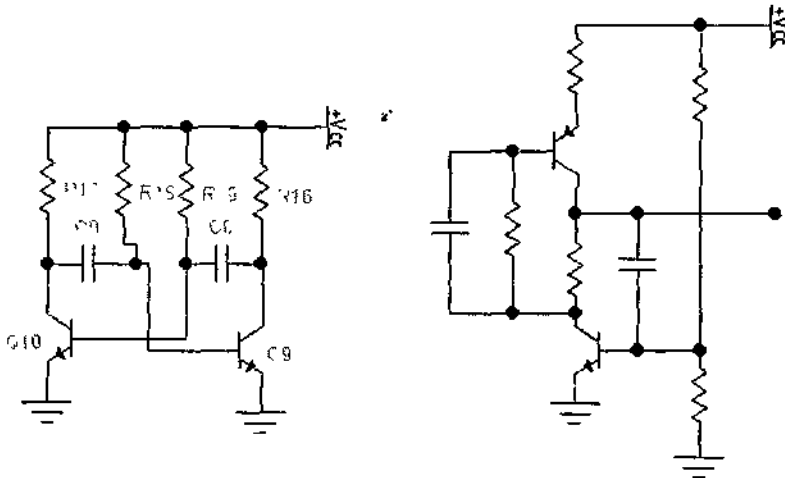


Рисунок 5.5 – Схеми автоколивальних мультівібраторів

Таблиця 5.5 – Початкові дані до задачі 5.5

| № вар. | $U_{\text{вхх}}$ , В | $t_{\text{н}}$ , мкс | $F$ , кГц | $R_{\text{н}}$ , кОм | $E_{\text{к}}$ , В | $E_0$ , В |
|--------|----------------------|----------------------|-----------|----------------------|--------------------|-----------|
| 1.     | 1,5                  | 10                   | 90        | 0,47                 | 3                  | 2,2       |
| 2.     | 2,0                  | 20                   | 45        | 0,56                 | 4,5                | 3,0       |
| 3.     | 2,5                  | 30                   | 31        | 0,68                 | 5                  | 3,3       |
| 4.     | 3,0                  | 40                   | 22        | 0,75                 | 5                  | 4,4       |
| 5.     | 3,5                  | 50                   | 17,5      | 0,82                 | 6,3                | 6,0       |
| 6.     | 4,0                  | 60                   | 14,3      | 0,91                 | 6,3                | 5,0       |
| 7.     | 4,5                  | 70                   | 13,5      | 1,0                  | 7,5                | 6,0       |
| 8.     | 5,0                  | 80                   | 11,5      | 1,1                  | 9                  | 5,0       |
| 9.     | 5,5                  | 90                   | 10        | 1,2                  | 9                  | 9,0       |
| 10.    | 6,0                  | 100                  | 9,0       | 1,3                  | 10                 | 7         |
| 11.    | 6,5                  | 33                   | 30        | 1,5                  | 10                 | 8         |
| 12.    | 7,0                  | 47                   | 20        | 1,6                  | 12                 | 10        |
| 13.    | 7,5                  | 56                   | 15        | 1,8                  | 12                 | 11        |
| 14.    | 8,0                  | 68                   | 13,8      | 2,0                  | 15                 | 12        |
| 15.    | 8,5                  | 75                   | 12,1      | 2,2                  | 15                 | 15        |
| 16.    | 9,0                  | 200                  | 4,5       | 2,7                  | 16                 | 10        |
| 17.    | 9,5                  | 300                  | 3,1       | 3,3                  | 18                 | 6         |

|     |      |     |     |     |    |    |
|-----|------|-----|-----|-----|----|----|
| 18. | 10,0 | 400 | 2,2 | 3,9 | 18 | 18 |
| 19. | 10,5 | 500 | 1,8 | 4,3 | 20 | 9  |
| 20. | 11,0 | 600 | 1,2 | 5,1 | 22 | 11 |
| 21. | 12,0 | 700 | 1,0 | 6,2 | 24 | 16 |

### Задача 5.6

Вибрати схему, тип транзисторів та розрахувати елементи та характеристики генератора лінійно-наростаючої напруги, що забезпечує при відключеному навантаженні слідуючі характеристики  $K_{н\%}$ ,  $t_{ок}$ ,  $U_m$ . Час формування тривалості прямого ходу  $t_{пр}$  забезпечується подаванням управляючого сигналу з параметрами  $E_r$ ,  $R_r$ ,  $t_u$ . Діапазон робочих температур  $+20^{\circ}\text{C} \div +65^{\circ}\text{C}$ . Як видозміняться характеристики  $K_{н\%}$ ,  $t_{ок}$ ,  $U_m$  при підключенні навантаження  $R_n$ ,  $C_n$ . Визначити мінімально досяжний коефіцієнт нелінійності схеми, якщо технологічний розкид параметрів елементів становить  $\delta_R$  і  $\delta_C$ .

Таблиця 5.6 – Початкові дані до задачі 5.6

| № ва р | $E_r$ , В | $R_r$ , кОм | $t_u$ , мкс | $K_{н\%}$ | $t_{ок}$ , мкс | $U_m$ , В | $R_n$ , кОм | $C_n$ , пФ | $\delta_R$ , % | $\delta_C$ , % |
|--------|-----------|-------------|-------------|-----------|----------------|-----------|-------------|------------|----------------|----------------|
| 1.     | 1,5       | 0,5         | 100         | 1         | 11             | 2,0       | 10          | 10         | 5              | 10             |
| 2.     | 2,0       | 0,68        | 150         | 1,5       | 20             | 2,5       | 15          | 20         | 5              | 5              |
| 3.     | 2,5       | 0,75        | 200         | 2,0       | 30             | 3,0       | 22          | 30         | 2              | 2              |
| 4.     | 3,0       | 0,91        | 250         | 2,5       | 15             | 3,5       | 27          | 50         | 2              | 5              |
| 5.     | 3,5       | 1,2         | 300         | 3,5       | 20             | 4,0       | 30          | 100        | 5              | 5              |
| 6.     | 4,0       | 1,5         | 350         | 4,5       | 25             | 4,5       | 47          | 200        | 2              | 20             |
| 7.     | 4,5       | 1,3         | 400         | 5,5       | 30             | 5,0       | 51          | 120        | 5              | 10             |
| 8.     | 5,0       | 2,0         | 450         | 6,5       | 35             | 5,5       | 62          | 240        | 10             | 5              |
| 9.     | 5,5       | 1,8         | 550         | 7,5       | 40             | 6,0       | 75          | 75         | 20             | 2              |
| 10.    | 6,0       | 1,0         | 600         | 8,5       | 50             | 6,5       | 82          | 68         | 5              | 2              |
| 11.    | 6,5       | 2,2         | 700         | 9,5       | 60             | 7         | 100         | 33         | 2              | 10             |
| 12.    | 7,0       | 2,4         | 900         | 10,5      | 80             | 8         | 120         | 47         | 5              | 10             |
| 13.    | 7,5       | 2,7         | 1000        | 11,5      | 70             | 10        | 150         | 51         | 10             | 10             |
| 14.    | 8,0       | 3,0         | 125         | 3         | 6              | 5         | 43          | 68         | 2              | 5              |
| 15.    | 8,5       | 3,3         | 220         | 4         | 10             | 6         | 56          | 75         | 5              | 10             |
| 16.    | 9,0       | 3,6         | 275         | 5         | 12             | 7         | 22          | 56         | 10             | 20             |
| 17.    | 9,5       | 3,9         | 660         | 6         | 72             | 8         | 33          | 20         | 2              | 20             |

|     |      |     |  |    |     |    |     |     |    |    |
|-----|------|-----|--|----|-----|----|-----|-----|----|----|
| 18. | 10,0 | 2,7 | 820                                    | 7  | 91  | 9  | 47  | 30  | 5  | 10 |
| 19. | 10,5 | 3,3 | 950                                    | 8  | 100 | 10 | 51  | 40  | 10 | 5  |
| 20. | 11,0 | 4,7 | $\begin{matrix} 125 \\ 0 \end{matrix}$ | 9  | 110 | 12 | 91  | 100 | 5  | 2  |
| 21. | 12,0 | 5,1 | $\begin{matrix} 150 \\ 0 \end{matrix}$ | 10 | 120 | 15 | 100 | 120 | 10 | 5  |

## Задача 5.7

Скласти схему ЦАП, вибрати мікросхему та її параметри згідно заданих характеристик  $t_{уст}$ ,  $N$  – кількість розрядів, амплітуда вихідного сигналу  $U_{вих}$ ,  $I_{вих}$ .

Таблиця 5.7 – Початкові дані до задачі 5.7

| № вар. | $N$ | $t_{уст}$ , мкс | $U_{вих}$ , В | $I_{вих}$ , мА |
|--------|-----|-----------------|---------------|----------------|
| 1.     | 16  | 30              | 10            | —              |
| 2.     | 14  | 5               | 5             | —              |
| 3.     | 12  | 10              | 10            | —              |
| 4.     | 10  | 5               | 22            | —              |
| 5.     | 8   | 0,01            | —             | 1              |
| 6.     | 6   | 0,01            | 2,56          | —              |
| 7.     | 18  | 10              | 5,12          | —              |
| 8.     | 16  | 15              | 2,56          | —              |
| 9.     | 13  | 15              | 10,24         | —              |
| 10.    | 12  | 0,4             | —             | 1              |
| 11.    | 10  | 0,08            | —             | 2              |
| 12.    | 8   | 0,02            | —             | 4              |
| 13.    | 6   | 1               | 3             | —              |
| 14.    | 16  | 30              | —             | 4              |
| 15.    | 13  | 15              | 6             | —              |
| 16.    | 12  | 3,5             | —             | 2              |
| 17.    | 10  | 10              | 10,24         | —              |
| 18.    | 8   | 5               | 20,48         | —              |
| 19.    | 16  | 3,0             | 5             | —              |
| 20.    | 12  | 0,4             | —             | 1,5            |
| 21.    | 8   | 0,02            | —             | 2,5            |

## Задача 5.8

Вибрати мікросхему та скласти схему АЦП згідно заданих характеристик:  $t_{пр}$ ,  $N$ ,  $U_{вх\ max}$ . Привести часові діаграми роботи схеми.

Таблиця 5.8 – Початкові дані до задачі 5.8

| № вар. | N   | $t_{пр}$ , мкс | $U_{вх\ max}$ , В | Кількість каналів $K_{ан}$ |
|--------|-----|----------------|-------------------|----------------------------|
| 1.     | 4   | 0,02           | -2,048÷+2,048     | —                          |
| 2.     | 6   | 0,1            | -2,1÷0,1          | —                          |
| 3.     | 8   | 0,02           | -2÷2              | —                          |
| 4.     | 10  | 30             | 0÷20,48           | 2                          |
| 5.     | 12  | 170            | 1,024             | 4                          |
| 6.     | 16  | 2              | 0÷5,12            | 6                          |
| 7.     | 4   | 0,02           | -2,1÷0            | —                          |
| 8.     | 6   | 0,03           | -2,56÷+2,56       | —                          |
| 9.     | 8   | 0,1            | -1,024÷+1,024     | —                          |
| 10.    | 10  | 30             | 0÷10,24           | 1                          |
| 11.    | 12  | 170            | 0÷10              | 8                          |
| 12.    | 4,5 | 0,33с          | 0÷2               | 4                          |
| 13.    | 16  | 25             | -2,56÷0           | 4                          |
| 14.    | 4   | 7,5            | 0÷5               | 4                          |
| 15.    | 6   | 0,1            | -0,512÷+2,048     | —                          |
| 16.    | 8   | 0,03           | 0÷1,5             | —                          |
| 17.    | 10  | 0,9            | 0÷3               | 4                          |
| 18.    | 12  | 30             | 0÷5,12            | 2                          |
| 19.    | 3,5 | 0,33с          | -1÷+1             | —                          |
| 20.    | 16  | 0,01           | -2,86÷0           | —                          |
| 21.    | 18  | 0,13           | -2,86÷0           | —                          |

## Задача 5.9

Розрахувати елементи схеми мультівібратора, який виконаний на одноктактному інтегральному таймері КР1006ВН1, якщо задані характеристики вихідного сигналу  $t_u$  – тривалість імпульсу,  $t_n$  – тривалість паузи, діапазон робочих температур  $T_0 = +20^{\circ}\text{C}$ ,

$T_{\max} = +65^{\circ}\text{C}$ . Провести оцінку впливу  $T_{\max}$  на частоту генерації  $f$ , визначити  $f_0$ ,  $Q$ .

Таблиця 5.9 – Початкові дані до задачі 5.9

| № вар. | $t_0$ , мкс | $t_n$ , мкс | $U_{\text{вих}}$ , В |
|--------|-------------|-------------|----------------------|
| 1.     | 0,2         | 0,5         | 2,5                  |
| 2.     | 0,3         | 0,1         | 3,5                  |
| 3.     | 0,4         | 0,2         | 5                    |
| 4.     | 0,5         | 0,5         | 4                    |
| 5.     | 0,7         | 2           | 2                    |
| 6.     | 1,0         | 3           | 6                    |
| 7.     | 1,5         | 0,4         | 7,5                  |
| 8.     | 2,0         | 2,0         | 9                    |
| 9.     | 2,5         | 0,75        | 10                   |
| 10.    | 4           | 2           | 12                   |
| 11.    | 5           | 10          | 15                   |
| 12.    | 7           | 15          | 2                    |
| 13.    | 10          | 10          | 3                    |
| 14.    | 20          | 40          | 4                    |
| 15.    | 30          | 60          | 5                    |
| 16.    | 40          | 13          | 6                    |
| 17.    | 50          | 500         | 7                    |
| 18.    | 100         | 25          | 9                    |
| 19.    | 200         | 200         | 10                   |
| 20.    | 300         | 900         | 12                   |
| 21.    | 500         | 500         | 15                   |

#### Задача 5.10

Показати число  $N$  у наступних позиційних системах кодів: пряма подвійна, додаткова подвійна, восьмирічна, шістнадцятирічна, подвійно десятинна. Зробити перевірки.

Таблиця 5.10 – Початкові дані до задачі 5.10

|           |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| № вар.    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |      |
| Число $N$ | 1107 | 1364 | 1508 | 1793 | 2144 | 2379 | 2501 | 2764 | 2983 | 3652 |      |
| № вар.    | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   |
| Число $N$ | 4079 | 4583 | 5469 | 5937 | 6043 | 7184 | 7526 | 8024 | 8548 | 8935 | 9746 |



## Задача 5.11

Визначити головні статичні параметри базового ТТЛ елемента заданої серії XXX:  $R_{вх}^0$ ,  $R_{вх}^1$ ,  $R_{вих}^0$ ,  $R_{вих}^1$ ,  $R_{вхср}$ ,  $R_{вихср}$ ,  $I_{вих}^0$ ,  $I_{вих}^1$ ,  $I_{вих}^0$ ,  $I_{вих}^1$ ,  $I_{пот}$ ,  $I_{пот}^0$ ,  $I_{пот}^1$ ,  $P_{пот}$ ,  $P_{пот}^0$ ,  $P_{пот}^1$ . Побудувати вхідну та вихідну характеристики заданого елемента при різних рівнях вихідного сигналу.

Таблиця 5.11 – Початкові дані до задачі 5.11

| № вар.    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8      | 9     | 10   | 11    |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|--------|-------|------|-------|
| Серія ТТЛ | K106 | K130 | K131 | K155 | K530 | K531 | K533 | KP1533 | K1531 | K500 | K1500 |

| № вар.    | 12   | 13     | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19      | 20     | 21   |
|-----------|------|--------|------|------|------|------|------|---------|--------|------|
| Серія ТТЛ | K133 | KP1533 | K555 | K533 | K531 | K138 | K155 | KP15333 | KP1554 | K555 |

## Задача 5.12

Намалювати умовно-графічне позначення мікросхеми заданого типу, описати систему вхідних сигналів, скласти логічну функцію для вихідного сигналу в аналітичному вигляді  $Y=F(X,E,C,D)$ .

Таблиця 5.12 – Початкові дані до задачі 5.12

| № вар.         | 1              | 2              | 3              | 4              | 5             | 6             | 7             | 8              |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Тип мікросхеми | KP1533<br>ТВ15 | KP1533<br>ИЕ14 | KP1533<br>ИЕ18 | KP1533<br>ИР37 | KP1531<br>ИЕ7 | K555<br>КП11А | KP1533<br>ИД6 | KP1533<br>КП14 |

| № вар.         | 9             | 10            | 11            | 12             | 13            | 14             | 15             | 16            |
|----------------|---------------|---------------|---------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| Тип мікросхеми | K1533<br>ИР34 | KP1533<br>ИД7 | KP1533<br>ИЕ9 | KP1533<br>ИР22 | KP1533<br>ТМ2 | KP1533<br>КП12 | KP1531<br>ТВ10 | KP1533<br>ИД4 |

| № вар.         | 17           | 18            | 19             | 20             | 21             |
|----------------|--------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Тип мікросхеми | K1533<br>АГ1 | KP1533<br>ИП3 | KP1533<br>АП16 | KP1533<br>ИР39 | KP1533<br>ИР16 |

## Задача 5.13

За заданим записом логічної функції у аналітичному вигляді  $y = f(x_1, x_2, x_3, x_4)$  побудувати схему цифрового логічного пристрою, що виконує обробку вхідних логічних сигналів  $x_1, x_2, x_3, x_4$  у заданій системі потенціалів.

Таблиця 5.13 – Початкові дані до задачі 5.13

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | $Y = \bar{X}_1 X_2 X_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 X_4$   | ВП |
| 2.  | $Y = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 X_4$                                 | НП |
| 3.  | $Y = \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 \bar{X}_4$                           | ВП |
| 4.  | $Y = \bar{X}_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 X_4 + X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4$                                       | НП |
| 5.  | $Y = (X_1 + \bar{X}_2 + X_3 + \bar{X}_4) (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + X_3 + X_4) (X_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + X_4) (\bar{X}_1 + X_2 + X_3 + \bar{X}_4)$ | ВП |
| 6.  | $Y = (\bar{X}_1 + X_2 + X_3 + X_4) (\bar{X}_1 + X_2 + X_3 + \bar{X}_4) (X_1 + \bar{X}_2 + X_3 + X_4) (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + X_3 + X_4)$             | ВП |
| 7.  | $Y = (X_1 + \bar{X}_2 + X_3 + X_4) (X_1 + X_2 + \bar{X}_3 + X_4) (X_1 + X_2 + X_3 + \bar{X}_4) (\bar{X}_1 + X_2 + X_3 + X_4)$                         | НП |
| 8.  | $Y = (X_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + X_4) (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + X_3 + X_4) (X_1 + \bar{X}_2 + X_3 + X_4) (X_1 + \bar{X}_2 + X_3 + \bar{X}_4)$       | НП |
| 9.  | $Y = X_1 X_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 X_2 X_3 \bar{X}_4$                                 | ВП |
| 10. | $Y = X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 \bar{X}_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4$                           | НП |
| 11. | $Y = X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4$                                 | ВП |
| 12. | $Y = \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 \bar{X}_4 + X_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + \bar{X}_1 \bar{X}_2 X_3 X_4 + X_1 X_2 \bar{X}_3 \bar{X}_4$                           | НП |
| 13. | $Y = (\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + X_4) (X_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + X_4) (X_1 + \bar{X}_2 + X_3 + X_4)$                                     | ВП |

|     |  |    |
|-----|--|----|
|     | $(X_1+X_2+X_3+X_4)$  |    |
| 14. | $Y = (X_1+\bar{X}_2+X_3+X_4)(\bar{X}_1+\bar{X}_2+X_3+X_4)(X_1+\bar{X}_2+\bar{X}_3+\bar{X}_4)$<br>$(X_1+X_2+\bar{X}_3+\bar{X}_4)$ | НП |
| 15. | $Y = (\bar{X}_1+X_2+\bar{X}_3+X_4)(X_1+\bar{X}_2+X_3+X_4)(X_1+\bar{X}_2+X_3+\bar{X}_4)$<br>$(\bar{X}_1+X_2+X_3+\bar{X}_4)$       | ВП |
| 16. | $Y = (X_1+\bar{X}_2+\bar{X}_3+X_4)(X_1+X_2+\bar{X}_3+X_4)(X_1+X_2+\bar{X}_3+\bar{X}_4)$<br>$(\bar{X}_1+\bar{X}_2+\bar{X}_3+X_4)$ | НП |
| 17. | $Y = \bar{X}_1X_2X_3X_4 + X_1X_2\bar{X}_3X_4 + X_1X_2X_3\bar{X}_4 + \bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4$                              | ВП |
| 18. | $Y = X_1\bar{X}_2X_3X_4 + X_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4 + X_1X_2\bar{X}_3X_4 + \bar{X}_1X_2\bar{X}_3X_4$                              | ВП |
| 19. | $Y = X_1X_2\bar{X}_3X_4 + \bar{X}_1X_2X_3X_4 + X_1\bar{X}_2X_3X_4 + \bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4$                              | НП |
| 20. | $Y = X_1X_2X_3\bar{X}_4 + X_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4 + \bar{X}_1X_2X_3X_4 + X_1\bar{X}_2\bar{X}_3\bar{X}_4$                        | НП |
| 21. | $Y = \bar{X}_1X_2X_3\bar{X}_4 + X_1X_2\bar{X}_3\bar{X}_4 + X_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4 + \bar{X}_1\bar{X}_2\bar{X}_3X_4$            | ВП |

## Задача 5.14

За заданою логічною функцією  $y=f(x_1, x_2, x_3, x_4)$  побудувати таблицю Карно та мінімізувати функцію  $y$ . У заданому базисі логічних елементів побудувати схему цифрового пристрою комбінаційного типу, виконуючого обробку вхідних логічних сигналів  $x_1, x_2, x_3, x_4$  у системі високих потенціалів.

Логічну функцію узяти із задачі 5.13.

Таблиця 5.14 – Початкові дані до задачі 5.14

| № вар.   | 1    | 2     | 3    | 4     | 5    | 6    | 7     | 8     | 9    | 10   | 11    | 12    | 13   |
|----------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|------|------|-------|-------|------|
| Базис ЛЕ | I-HE | ЛИ-HE | I-HE | ЛИ-HE | I-HE | I-HE | ЛИ-HE | ЛИ-HE | I-HE | I-HE | ЛИ-HE | ЛИ-HE | I-HE |

|          |      |       |      |       |      |      |       |       |
|----------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-------|
| № вар.   | 14   | 15    | 16   | 17    | 18   | 19   | 20    | 21    |
| Базис ЛЕ | I-HE | II-HE | I-HE | II-HE | I-HE | I-HE | II-HE | II-HE |

### Задача 5.15

Побудувати принципову схему цифрового  $m$ -розрядного пристрою заданої структури, за наявності  $x$  входів та  $y$  виходів. Треба застосовувати ІМС меншої розрядності. Визначити параметри та функції вхідних та управляючих сигналів. Скласти таблицю істинності або перемикань.

Таблиця 5.15 – Початкові дані до задачі 5.15

| № вар. | $m_1$ | $x$ | $y$ | Структура пристрою  |
|--------|-------|-----|-----|---------------------|
| 1.     | 8     | 8   | 8   | Цифровий компаратор |
| 2.     | 16    | 16  | 16  | Повний суматор      |
| 3.     | 8     | 4   | 8   | Лічильник 2-й       |
| 4.     | 32    | 5   | 32  | Дешифратор          |
| 5.     | 1     | 16  | 1   | Мультиплексор       |
| 6.     | 48    | 1   | 48  | Регістр зсуву       |
| 7.     | 32    | 32  | 32  | Парал. регістр      |
| 8.     | 8     | 8   | 8   | АЛП                 |
| 9.     | 16    | 16  | 16  | Цифровий компаратор |
| 10.    | 8     | 8   | 8   | Повний суматор      |
| 11.    | 16    | 4   | 16  | Лічильник 2-й       |
| 12.    | 64    | 6   | 64  | Дешифратор          |
| 13.    | 16    | 16  | 16  | АЛП                 |
| 14.    | 16    | 16  | 16  | Парал. регістр      |
| 15.    | 128   | 7   | 128 | Дешифратор          |
| 16.    | 12    | 12  | 12  | Лічильник 2/10      |
| 17.    | 24    | 24  | 24  | Парал. регістр      |
| 18.    | 16    | 8   | 16  | ПЗП                 |

|     |     |    |     |               |
|-----|-----|----|-----|---------------|
| 19. | 32  | 8  | 32  | ОЗП           |
| 20. | 1   | 32 | 1   | Мультиплексор |
| 21. | 256 | 8  | 256 | Дешифратор    |

### Задача 5.16

Розрахувати елементи  $R_1$ ,  $R_2$  узгодженого подільника для протяжної лінії зв'язку дискретних сигналів між виходом передавача та входом приймача, виконаних на логічних елементах, заданого типу.

Задано тип лінії, її довжина  $l$ , напруга живлення  $E_n$ .

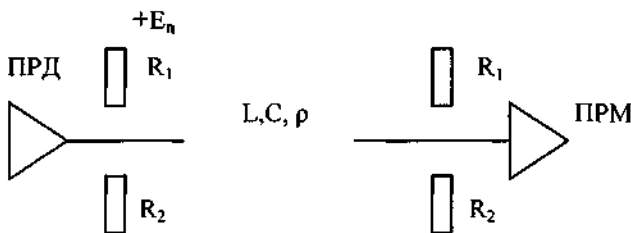


Рисунок 5.6 – Схема лінії зв'язку

Таблиця 5.16 – Початкові дані до задачі 5.16

| № вар. | $E_n, В$ | Тип ЛЕ      | $l, м$ | Тип лінії          |
|--------|----------|-------------|--------|--------------------|
| 1.     | 3        | КР1533 АП6  | 3      | плоский ЖГУТ       |
| 2.     | 4        | КР1531 ЛН8  | 4      | вита пара          |
| 3.     | 5        | КР1533 АП3  | 5      | плоский ЖГУТ       |
| 4.     | 6        | КР1554 АП20 | 6      | вита пара          |
| 5.     | 3,3      | КР1531 АП16 | 8      | плоский ЖГУТ       |
| 6.     | 4,5      | КР1533 АП9  | 10     | вита пара          |
| 7.     | 5,5      | КР1533 АП5  | 15     | плоский ЖГУТ       |
| 8.     | 6,3      | КР1554 АП5  | 20     | вита пара          |
| 9.     | 3        | КР1533 ЛА22 | 25     | кабель РК-50       |
| 10.    | 4        | К533 ЛН10   | 30     | плоский жгут       |
| 11.    | 5        | КР1533 ЛЕ11 | 35     | вита пара          |
| 12.    | 6        | КР1554 АП10 | 50     | кабель РК-75       |
| 13.    | 3,5      | КР1533 ИР34 | 100    | вита пара в екрані |
| 14.    | 4,5      | КР1533 ИР37 | 150    | кабель РК-50       |

|     |      |             |     |                    |
|-----|------|-------------|-----|--------------------|
| 15. | 5,25 | КР1533 АП15 | 200 | кабель РК-50       |
| 16. | 6,3  | КР1554 АП3  | 250 | вита пара в екрані |
| 17. | 7,5  | КР1554 АП4  | 300 | кабель РК-50       |
| 18. | 3    | КР1533 ЛА10 | 350 | кабель РК-100      |
| 19. | 4    | КР1531 ЛА13 | 400 | кабель РК-75       |
| 20. | 5    | КР1533 АП5  | 450 | кабель РК-50       |
| 21. | 5    | КР1533 АП6  | 500 | кабель РК-75       |

## Задача 5.17

Вибрати тип ЛЕ та розрахувати RC елементи формувачів імпульсів та елементу затримки на елементах 2І-НЕ, якщо задані: тривалість імпульсу на виході  $t_{ц}$ , тривалість часу затримки  $t_{зтр}$ , частота повтору вхідних сигналів  $f_{вх}$ .

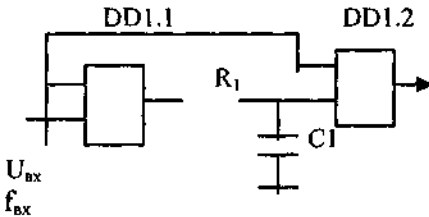


Рисунок 5.7 – Схеми елементу затримки та формувача імпульсів

Таблиця 5.17 – Початкові дані до задачі 5.17

| № вар. | $f_{вх}$ , МГц | $t_{зтр}$ , нс | $t_{ц}$ , нс |
|--------|----------------|----------------|--------------|
| 1.     | 0,17           | 30             | 5000         |
| 2.     | 0,31           | 50             | 3000         |
| 3.     | 0,47           | 70             | 2000         |
| 4.     | 0,9            | 100            | 1000         |
| 5.     | 4,5            | 200            | 100          |
| 6.     | 3              | 150            | 300          |
| 7.     | 2              | 250            | 500          |
| 8.     | 22             | 350            | 400          |
| 9.     | 20             | 300            | 50           |
| 10.    | 2,1            | 450            | 25           |
| 11.    | 1,6            | 400            | 550          |

|     |      |      |     |
|-----|------|------|-----|
| 12. | 1,6  | 550  | 450 |
| 13. | 1,8  | 500  | 120 |
| 14. | 1,55 | 650  | 175 |
| 15. | 1,5  | 600  | 75  |
| 16. | 1,0  | 750  | 250 |
| 17. | 1,2  | 700  | 350 |
| 18. | 1,0  | 850  | 330 |
| 19. | 1,1  | 800  | 220 |
| 20. | 1,0  | 950  | 150 |
| 21. | 0,85 | 1000 | 30  |

### Задача 5.18

Для заданої частоти  $f_r$  вибрати тип логічного елемента та побудувати схему релаксаційного генератора імпульсів для навантаження  $R_n$ ,  $C_n$

Таблиця 5.18 – Початкові дані до задачі 5.18

| № вар. | Частота генератору $f_r$ , МГц | $R_n$ , Ом | $C_n$ , пф |
|--------|--------------------------------|------------|------------|
| 1.     | 1,0                            | 1500       | 330        |
| 2.     | 2,0                            | 750        | 470        |
| 3.     | 4,0                            | 680        | 220        |
| 4.     | 5,0                            | 510        | 160        |
| 5.     | 10,0                           | 400        | 100        |
| 6.     | 20,0                           | 300        | 60         |
| 7.     | 40,0                           | 220        | 40         |
| 8.     | 66,0                           | 150        | 20         |
| 9.     | 100,0                          | 100        | 10         |
| 10.    | 133,0                          | 75         | 6,2        |
| 11.    | 2,0                            | 1000       | 200        |
| 12.    | 4,0                            | 820        | 150        |
| 13.    | 8,0                            | 620        | 100        |
| 14.    | 16,0                           | 390        | 75         |
| 15.    | 22,0                           | 270        | 22         |
| 16.    | 24,0                           | 130        | 12         |
| 17.    | 30,0                           | 175        | 15         |
| 18.    | 7                              | 2200       | 180        |
| 19.    | 9                              | 1800       | 130        |

|     |    |      |     |
|-----|----|------|-----|
| 20. | 11 | 1600 | 110 |
| 21. | 13 | 1300 | 82  |

## Задача 5.19

Розробити схему перетворювача рівнів на основі схеми діодного фіксатора потенціалів, розрахувати необхідні елементи схеми, якщо задані рівні входних сигналів  $U_{вх\ min}$ ,  $U_{вх\ max}$  та необхідні рівні вихідного сигналу  $U_{вих}$ .

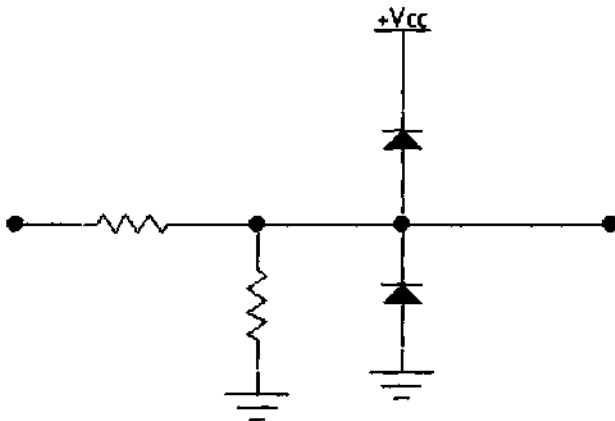


Рисунок 5.8 – Схема діодного фіксатора

Таблиця 5.19 – Початкові дані до задачі 5.19

| № вар. | $U_{вх\ min}$ , В | $U_{вх\ max}$ , В | $U_{вих}$ , В | Стандарт |
|--------|-------------------|-------------------|---------------|----------|
| 1.     | 20                | 27                | 0,4; 4,5      | ТТЛ      |
| 2.     | 10                | 18                | 0,5; 3,5      | ТТЛ      |
| 3.     | -3                | 3                 | 0,5÷2,4       | ТТЛ      |
| 4.     | -5                | 5                 | 0,4÷2,5       | ТТЛ      |
| 5.     | -7,5              | 10                | 0,5÷3,5       | ТТЛ      |
| 6.     | -10               | 13                | 0,7÷3,5       | ТТЛ      |
| 7.     | 2                 | 6                 | 0,5÷2,4       | ТТЛ      |
| 8.     | 3                 | 8                 | 0,4÷2,5       | ТТЛ      |



|     |      |      |         |      |
|-----|------|------|---------|------|
| 9.  | 4    | 10   | 0,4÷3,0 | ТТЛ  |
| 10. | 5    | 12   | 2,7÷7   | КМОП |
| 11. | -3   | 10   | 2,9÷6,5 | КМОП |
| 12. | -6   | 15   | 2,9÷6,6 | КМОП |
| 13. | -1   | 17   | 2,7÷8,5 | КМОП |
| 14. | -3,5 | 8,5  | 2,7÷8,0 | КМОП |
| 15. | -1,5 | 9,5  | 2,5÷6,5 | КМОП |
| 16. | -4,5 | 13,5 | 2,4÷6,6 | КМОП |
| 17. | -2,5 | 15,5 | 2,3÷7,0 | КМОП |
| 18. | -5,5 | 3    | 2,7÷6,5 | КМОП |
| 19. | -4   | 2,5  | 2,7÷6,7 | КМОП |
| 20. | 0,1  | 7,5  | 2,9÷7,5 | КМОП |
| 21. | 1    | 10   | 2,9÷7,7 | КМОП |

### Задача 5.20

Спроекувати ОЗП заданого об'єму А та розрядності N, із модулів  $A_m$ ,  $N_m$ . Побудувати часові діаграми при виконенні операцій читання з пам'яті та запису в пам'ять.

Таблиця 5.20 – Початкові дані до задачі 5.20

| № вар. | A, слів | N  | $A_m$ , слів | $N_m$ | Тип модуля |
|--------|---------|----|--------------|-------|------------|
| 1.     | 64      | 4  | 16           | 4     | K1802 IP1  |
| 2.     | 128     | 16 | 32           | 8     | K1002 IP1  |
| 3.     | 32      | 8  | 8            | 4     | K561 IP11  |
| 4.     | 64      | 8  | 4            | 4     | K561 IP12  |
| 5.     |         | 18 | 32           | 9     | K1800 RP6  |
| 6.     | 64К     | 4  | 16К          | 1     | K565 PY3   |
| 7.     | 256К    | 6  | 64К          | 1     | K565 PY5   |
| 8.     | 32К     | 8  | 4К           | 1     | K537 PY2   |
| 9.     | 16К     | 24 | 2К           | 8     | K537 PY8   |
| 10.    | 4К      | 10 | 1К           | 4     | K537 PY13  |
| 11.    | 128К    | 16 | 64К          | 8     | K537 PY17  |
| 12.    | 512     | 12 | 64           | 1     | K185 PY3   |
| 13.    | 1К      | 8  | 256          | 1     | K185 PY4   |
| 14.    | 48К     | 24 | 2К           | 8     | K581 PY1   |
| 15.    | 16К     | 8  | 4К           | 4     | K581 PY2   |

|     |     |    |      |   |            |
|-----|-----|----|------|---|------------|
| 16. | 32K | 4  | 16K  | 1 | K565 PY6   |
| 17. | 1M  | 13 | 256K | 1 | K565 PY7   |
| 18. | 16K | 6  | 4K   | 1 | K541 PY1A  |
| 19. | 8K  | 8  | 1K   | 4 | K541 PY2A  |
| 20. | 64K | 4  | 16K  | 1 | K541 PY3A  |
| 21. | 24K | 24 | 2K   | 8 | K537 PY19A |

## 6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

## 6.1 Основна література

621.334  
E 78 — 6.1.1 Ерофеев Ю.Н. Импульсные устройства: Учебн. пособие для вузов. — 3-е изд.-М.: Высшая школа, 1989.—527с. 12 +

681.3  
T 55 — 6.1.2 Токхейм Р. Основы цифровой электроники: Пер. с англ.— М.: Мир, 1988.—392с. 3

— 6.1.3 В.В. Корнеев, А.В. Киселев. Современные микропроцессоры. —М.: Изд. «НОЛИДЖ», 1998.—240с.

681.3  
M 59 — 6.1.4 Микропроцессоры. В 3-х кн. Кн.1. Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов: Учебн. для вузов/ П.В. Нестеров, В.Ф. Шальгин, В.Л. Горбунов и др.; Под ред. Л.Н. Преснухина.-М.: Высшая школа, 1986.- 495с. 7 +

— Микропроцессоры. В 3-х кн. Кн.2. Средства сопряжения. Контролирующие и информационно-управляющие системы: Учебн. для вузов/ В.Д. Веренер, Н.В. Воробьев, А.В. Горячев и др.; Под ред. Л.Н. Преснухина.-М.: Высшая школа, 1986.- 383с. 9 +

— Микропроцессоры. В 3-х кн. Кн.3. Средства отладки, лабораторный практикум и задачник: Учебн. для вузов/Н.В. Воробьев, В.Л. Горбунов, А.В. Горячев и др.; Под ред. Л.Н. Преснухина.-М.: Высшая школа, 1986.- 351с. 70 +

681.3  
P 90 — 6.1.5 Пухальский Г.И., Новосельцева Т.Я. Проектирование дискретных устройств на интегральных микросхемах: Справочник.- М.: Радио и связь, 1990.-304с. 8

681.5  
E 78 — 6.1.6 Сташин В.В. и др. Проектирование цифровых устройств на однокристалльных микроконтроллерах.-М.: Энергоатомиздат, 1990.- 230с.

621.382  
T 48 — 6.1.7 Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство. Пер. с нем.-М.: Мир, 1982.-512с.

## 6.2 Додаткова література

6.2.1 Гольденберг Л.М. Теория и расчет импульсных устройств на полупроводниковых приборах.-М.: Связь, 1969.-754с.

6.2.2 Бирюков С.А. Применение цифровых микросхем серий ТТЛ и КМОП.-М.: ДМК, 1999.-240с.

6.2.3 Соломатин Н.М. Логические элементы ЭВМ: Практическое пособие для вузов.-2-е изд.- М.: Высшая школа, 1990.-160с.

6.2.4 Преснухин Л.Н., Воробьев Н.В., Шишкевич А.А. Расчет элементов цифровых устройств.- М.: Высшая школа, 1991.-526с.

6.2.5 Расчет электронных схем. Примеры и задачи: Учебн. пособие для вузов/Г.И. Изьюрова, Г.В. Королев, В.А. Терехов и др.- М.: Высшая школа, 1987.-335с.

6.2.6 Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник/ С.В. Якубовский, Л.И. Ниссельсон, В.И. Кулешова и др.; Под ред. С.В. Якубовского.- М.: Радио и связь, 1990.- 496с. *Сдл. 3.049 14 25*

6.2.7 И.И. Петровский и др. Логические ИС КР1533, КР1554. Справочник. В 2-х частях.-М.: ТОО «БИНОМ», 1993.- 496с. *17*

6.2.8 Федорков Б.Г., Телец В.А. Микросхемы ЦАП и АЦП: функционирование, параметры, применение.- М.: Энергоатомиздат, 1990.-320с.

6.2.9 Справочник по микроэлектронной импульсной технике/ В.Н. Яковлев, В.В. Воскресенский и др.- К.: Техника, 1983.- 359с.

6.2.10 Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров/ А.-Й.К. Марцинкявичюс, Э.-А.К. Багданскис и др.; Под ред. А.-Й.К. Марцинкявичюса, Э.-А.К. Багданскиса.- М.: Радио и связь, 1988.-224с.

6.2.11 Интерфейсы систем обработки данных: Справочник/ А.А. Мячев, В.Н. Степанов и др.; Под ред. А.А. Мячева.- М.: Радио и связь, 1989.-416с.

6.2.12 Алексенко А.Г., Галицын А.А., Иванников А.Д. Проектирование радиозлектронной аппаратуры на

микропроцессорах: Программирование, типовые решения, методы отладки.-М.: Радио и связь, 1984.-272с.

6.2.13 Гилмор Ч. Введение в микропроцессорную технику: Пер. с англ.- М.: Мир, 1984-334с.

6.2.14 Корнейчук В.И., Тарасенко В.П. Вычислительные устройства на микросхемах: Справочник.- 2-е изд.- К.: Техника, 1988.- 351с.

6.2.15 Партала О.Н. Цифровая электроника.- СПб.: Наука и техника, 2000.-208с.

6.2.16 Расчет импульсных устройств на полупроводниковых приборах. (Сборник примеров и задач) Под ред. Г.М. Агаханяна. Учебн. пособ. для вузов.- М.: Сов. Радио, 1975-344с.

6.2.17 А.М. Тищенко, Б.М. Лебедев, М.Д. Штерк и др. Расчет и проектирование импульсных устройств на транзисторах/ А.М. Тищенко и др.; Под ред. М.Д. Штерка.-М.: Сов. Радио, 1964.-567с.

6.2.18 Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. - 2-е изд.-Л.: Энергоатомиздат, 1988-304с.

6.2.19 Князев А.Д. и др. Конструирование радиоэлектронной и электронно-вычислительной аппаратуры с учетом электромагнитной совместимости/ А.Д. Князев, Л.Н. Кечиев, Б.В. Петров.- М.: Радио и связь, 1982.-224с.

6.2.20 Справочник по микропроцессорным устройствам/ А.А. Молчанов, В.И. Корнейчук, В.П. Тарасенко и др.- К.: Техника, 1987.-288с.

Додаток А  
Електричні параметри ТТЛ елементів

| Серія  | $U_{вх}^1$ , В | $U_{вх}^0$ , В | $U_{пор}^1$ , В | $U_{пор}^0$ , В | $I_{вх}^1$ , МА | $I_{вх}^0$ , МА | $I_{вх}^1$ , МА | $I_{вх}^0$ , МА | $N_{раз}$ | $U_{пор}$ , В | $F_{max}$ , МГц | $t_{зап}^{01}$ , нс | $t_{зап}^{10}$ , нс |
|--------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|---------------|-----------------|---------------------|---------------------|
| K131   | 2,3            | 0,35           | 1,9             | 0,7             | 0,05            | -2              | -0,5            | 20              | 10        | 1,2           | 50              | 15                  | 16                  |
| K133   | 2,4            | 0,4            | 2,0             | 0,8             | 0,04            | -1,6            | -0,4            | 16              | 10        | 1,3           | 30              | 15                  | 22                  |
| K155   | 2,4            | 0,4            | 2,0             | 0,8             | 0,04            | -1,6            | -0,4            | 16              | 10        | 1,3           | 15              | 15                  | 22                  |
| K158   | 2,3            | 0,3            | 1,8             | 0,6             | 0,01            | -0,18           | -0,2            | 3,6             | 20        | 1,2           | 3               | 150                 | 150                 |
| KP531  | 2,7            | 0,5            | 2,1             | 0,85            | 0,05            | -2              | -1              | 20              | 10        | 1,4           | 125             | 5                   | 4,5                 |
| K555   | 2,5            | 0,4            | 2               | 0,8             | 0,02            | -0,4            | -0,4            | 8               | 20        | 1,35          | 45              | 9,5                 | 9,5                 |
| KP1531 | 2,0            | 0,8            | 1,95            | 0,75            | 0,02            | -0,6            | -1              | 20              | 30        | 1,3           | 190             | 2,5                 | 2,5                 |
| KP1533 | 2,5            | 0,4            | 2,0             | 0,8             | 0,01            | -0,2            | -0,4            | 8               | 40        | 1,35          | 50              | 4                   | 4                   |
| KP1554 | 2,9            | 0,32           | 2,1             | 1,3             | 0,001           | 0,001           | -75             | 86              | 100       | 1,65          | 150             | 4                   | 7,5                 |