

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота бакалавра
Оцінка швидкодії мультиплексора

студента гр. ЕІ-61

Д.О. Савченко

Науковий керівник,

ст. викладач, к.ф.-м.н.

Ю.В. Столярчук

Нормоконтроль,

ст. викладач, к.т.н.

О.Д. Динник

Конотоп 2020

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є моделювання ТТЛШ-мультиплексора 74LS151 та КМОП-мультиплексора 74НС151.

Мета роботи полягає у підвищенні швидкості роботи мультиплексорів для того, щоб значно зменшити затрати на зв'язок.

При виконанні роботи використовувалися моделювальні методи та мультиплексорні прилади.

У результаті проведених досліджень встановлено, що КМОП-мікросхеми серії 74НС можуть працювати при рівні електроживлення нижче 5 В, що покращує їх швидкодію.

Робота викладена на 41 сторінках, у тому числі включає 18 рисунків, 1 таблиця, список цитованої літератури із 27 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: мультиплексор, аналогові мультиплексори, цифрові мультиплексори, швидкість, двоволоконні мультиплексори.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 ОПИС МУЛЬТИПЛЕКСОРА.....	5
1.1 Аналогові та цифрові мультиплексори.....	5
1.2 Двоволоконні мультиплексори.....	11
1.3 Недоліки мультиплексорів CWDM.....	18
РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ШВИДКОДІЇ МУЛЬТИПЛЕКСОРА.....	21
2.1 Використання мультиплексора.....	21
2.2 Оцінка швидкодії мультиплексорів	22
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ.....	25
3.1 Огляд мультиплексора 74x151	25
3.2 Моделювання ТТЛШ-мультиплексора 74LS151.....	26
3.3 Моделювання КМОП-мультиплексора 74НС151	30
ВИСНОВКИ.....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	34
ДОДАТОКИ.....	37

ВСТУП

Однією з основних сфер застосування мультиплексора - є його використання в мережах зв'язку. Без них не обходиться жоден оператор зв'язку, адже застосування мультиплексорів значно знижує собівартість зв'язку. Адже для того, щоб організувати передачу ста розмовних сигналів між двома автоматичними телефонними станціями, можна не прокладати сотню пар телефонного кабелю і для кожної пари використовувати термінал сполучення типу оптичного кросу, а підключити на одну пару кабелю один мультиплексор, котрий має сто каналів. Перспективною сферою використання мультиплексорів на даний час в світі є відеоконференцзв'язок. Цей вид зв'язку, що представляє собою одночасну двосторонню передачу, обробку, перетворення і подання інтерактивних даних на відстань в реальному часі. Залежно від типу відеоконференцзв'язку для його здійснення використовуються групові термінали або індивідуальні термінали відеоконференцзв'язку.

Але існує проблема зі швидкістю роботи мультиплексора в мережах зв'язку.

Тому метою стало підвищення швидкості роботи мультиплексорів для того, щоб значно зменшити затрати на зв'язок.

РОЗДІЛ 1 ОПИС МУЛЬТИПЛЕКСОРА

1.1 Аналогові та цифрові мультиплексори

Мультиплексор - це комбінований цифровий пристрій, який дозволяє альтернативно передавати декілька вхідних сигналів на один вихід. Ви можете відправити сигнал з потрібного входу на вихід. У цьому випадку вибір потрібного входу реалізується певним поєднанням керуючих сигналів. Кількість мультиплексних входів зазвичай називають кількістю каналів, вона може бути від 2 до 16, а кількість виходів називається бітами мультиплексора, як правило, від 1 до 4 [1].

Мультиплексори, що використовують метод передачі сигналу, відрізняються:

- аналоговий;
- цифровий.

Мультиплексор - це пристрій, який з'єднує один із декількох входів до одного виходу. Мультиплексор має інформаційні входи D, адресні входи A і вихід Q. Кожному інформаційному входу D присвоюється число, яке є адресою на вході. Тобто мультиплексор вибирає вхід за адресою, яка підключена до виводу.

Кількість інформаційних входів $n = 2^m$ високих m, де m - кількість адресних входів. Максимальна кількість інформаційних входів - 8. Якщо вам потрібно більше входів, складається мультиплексорне дерево.

В даний час широко застосовуються мікрочіпи. Це пов'язано з можливістю впровадження на їх основі великої кількості цифрових пристроїв. Промисловість виробляє різні типи мікрочіпів, кожен з яких відповідає обмеженій кількості вимог. Разом вони охоплюють широкий спектр потреб. Вони не тільки є частиною різних серій інтегральних мікросхем, вони також використовуються для вибору сигналів серії коду одного з кількох каналів [2].

Мультиплексори можуть також виконувати інші логічні функції, такі як перетворення сигналів паралельного коду в послідовні сигнали, коли інформація в

паралельному коді надсилається на інформаційні входи DO-D7, а тактові імпульси надсилаються на керуючі входи.

Мультиплексори можуть бути використані для збирання вузлів для контролю парності та непарності сигналів паралельного коду в комп'ютері. Для порівняння двохдвійкових чисел можна також використовувати мультиплексори. Мультиплексор також може служити ексклюзивними воротами так, що сигнали наступного коду з'являються лише на виходах, коли інформація попереднього коду проходить через усі вісім каналів мультиплексора, частота відкриття каналів f_k мультиплексора вздовж керуючих входів повинна змінюватися з частотою зміни коду інформаційних сигналів f_c співвідношення $f_k \geq 8 * f_c$ може бути пов'язане. [3].

Дуже часто цифрові пристрої вимагають пристроїв зберігання даних лише для читання (ROM), в яких зберігається потрібна кодова програма. Якщо неможливо використовувати спеціальні мікросхеми, ПЗУ можна побудувати на мультиплексорах з ємністю пам'яті $m * n$, де $m = 8; 16; 32; 64$; і $n = 1; 8$. Використовуючи 16-канальні мультиплексори, ви можете створити ПЗУ з ємністю 64 біт у кожній категорії.

Під час складання клавіатури різних пристроїв на цифрових мікросхемах (наприклад, EMR тощо) код ключа (клавіші) повинен бути перетворений в сигнали двійкового коду. Мультиплексори також можна використовувати в якості кодерів.

Коли виходи A1-A3 підключені до входів управління мультиплексора, входи інформації яких підключені до генераторів звукової частоти, отримується пристрій управління EMR [4].

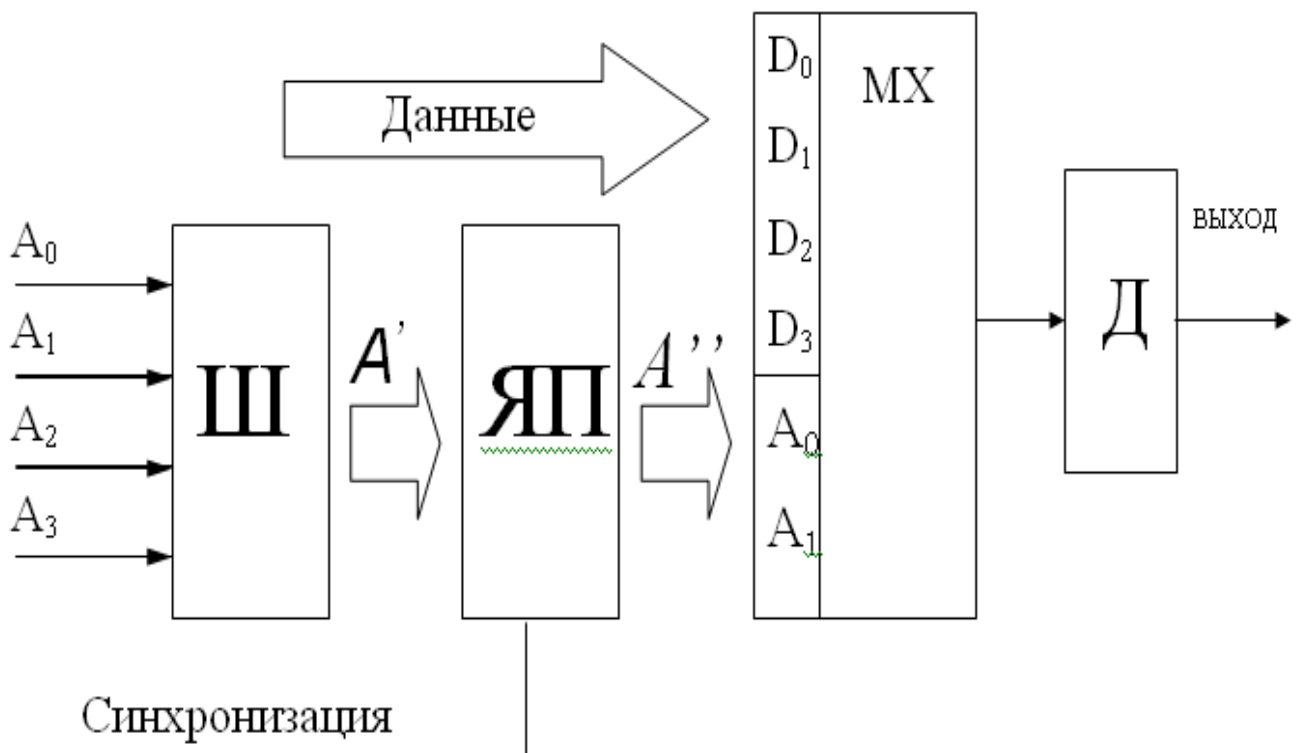


Рис. 1.1. Структурна схема мультиплексора;

МХ - мультиплексор, Ш кодер, ЯП - комірка пам'яті, Д – декодер [5]

Осередок пам'яті є синхронними D тригмарами, вони використовуються для зберігання сигналів, що надходять на адресні входи мультиплексора. У цьому випадку всі тригери можна використовувати в режимі збереження.

Мультиплексори використовуються для перемикування окремих ліній або лінійних груп (шин), перетворення паралельного коду в послідовний, реалізації логічних функцій кількох змінних, створення схем порівняння та створення генераторів коду. Термін "селектори даних" також використовується стосовно мультиплексорів.

Мультиплексори містять декодер адреси. Сигнали декодера керують логічними воротами і дозволяють передавати інформацію лише через один з них. Логіка мультиплексора для $m = 4$ описана в таблиці 1.1, де x_0, \dots, x_3 є виходами незалежних джерел інформації, а змінні A_0, A_1 є адресованими, тобто у двійковому

кодів представляють номер вхідної інформації, яка в даний час підключена до виводу Y . Операція мультиплексора зображено на рисунку 1.2:

Информ. входы	Адрес $A_1 A_0$	Выход Y =
$X_3 X_2 X_1 X_0$	0 0	X_0
	0 1	X_1
	1 0	X_2
	1 1	X_3

Рис. 1.2. Зображення адрес мультиплексора

Найпростіший мультиплексор, який реалізує задане перетворення рисунку 1.2, може базуватися на логічних елементах або в поєднанні з декодером адреси. У цій структурі сигнал на виході мультиплексора Y задається із затримкою адресних сигналів в логічних кроках декодера, зображено на рисунку 1.3 (а).

Швидкість мультиплексора можна збільшити, комбінуючи адресний декодер та інформаційні ворота зображено на рисунку 1.3, (б).

Вхід шлюзу S зображено на рисунку 1.3, (б) використовується для виключення несанкціонованих підключень до виходу випадкових входів під час зміни адреси. Короткий блокуючий імпульс (стробовий імпульс) гарантує, що вихід буде відокремлений від входів протягом тривалості перенаправлення [6].

Розглянемо кілька застосувань схеми мультиплексора. Досить очевидно використовувати мультиплексор як перетворювач від паралельного m -бітового двійкового до серійного коду. Досить надіслати паралельний код на входи

мультиплектора, а потім змінити код адреси один за одним у потрібному порядку. Щоб уникнути появи неправильного сигналу на виході мультиплектора, імпульс строби повинен одночасно відокремлювати вихід від входів під час перемикання адреси.

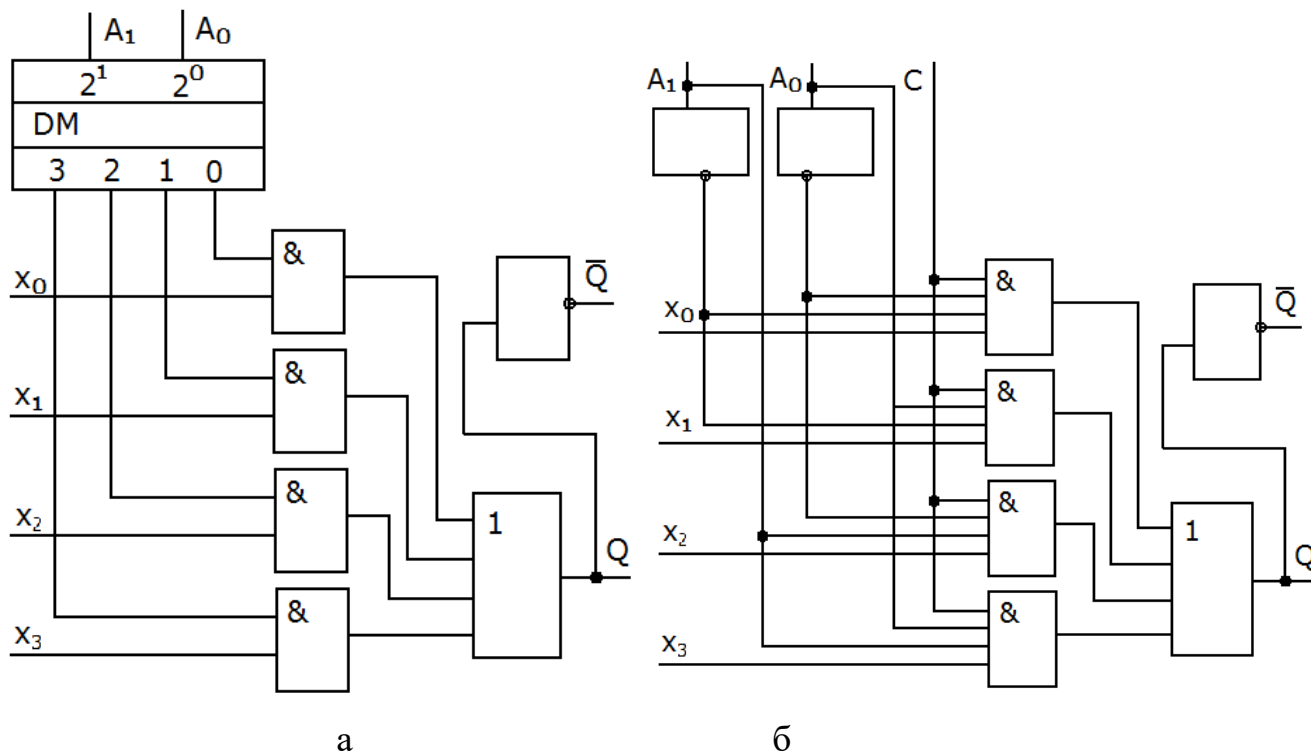


Рис. 1.3. Зображення найпростішої схеми мультиплектора [7]

Мультиплектори можуть бути використані для побудови логічних функцій декількох змінних у формі диз'юнктивної нормальної форми. Логічна функція визначається п'ятьма незалежними змінними. Якщо вони подаються на адресні входи відповідного мультиплектора з $2^5 = 32$ інформаційними входами (дерево мультиплектора), достатньо застосувати логічні одиниці до входів інформації, адреса яких відповідає інтервалам синтезованої функції, щоб отримати функцію з п'яти змінних на виході Q . Необхідно застосувати логічні нулі до решти входів, що видаляє відповідні комбінації з функції виводу. Така процедура є прийнятною, якщо функція m змінних містить кількість проміжних разів, близьких до 2^m , інакше виявиться, що схема є зайвою.

Мультиплексор може бути використаний ефективніше, якщо аргументи функцій передаються не лише на адреси, але і на введення інформації. Для цього аргументи синтезованої функції $f(x_1 \dots, x_m)$ поділяються на інформаційні входи D і адреси входів, так що змінні, які найчастіше містяться в той час функції, керують останніми [8].

У інтегрованій версії мультиплексори доступні для чотирьох, восьми чи шістнадцяти входів. За допомогою каскадних мультиплексорів ви можете здійснити комутацію будь-якої кількості входних ліній на основі послідовних мікросхем мультиплексора з меншою роздільною здатністю. Приклад побудови схеми мультиплексора з 16 входами на основі типових мультиплексорів з 4 входами показаний на рисунку 1.4.

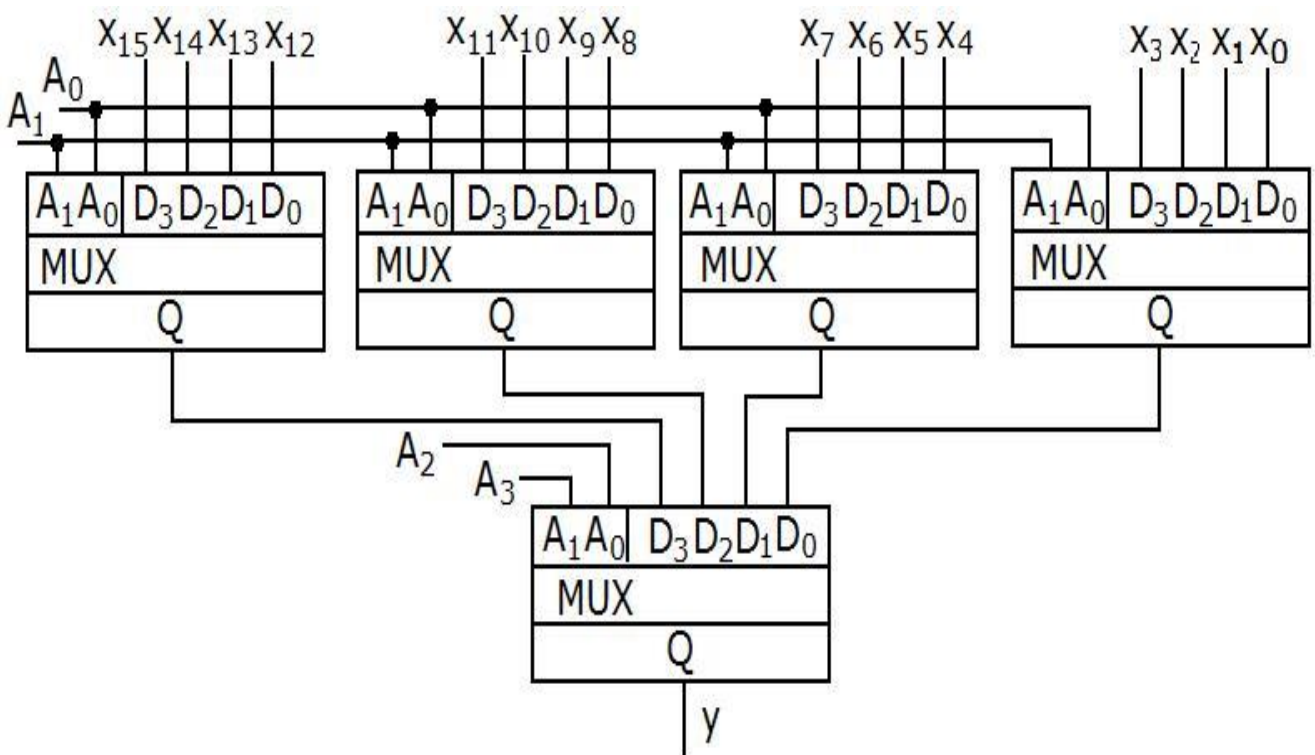


Рис. 1.4. Дерево мультиплексора [9]

Алгоритм синтезу пристрою, який реалізує логічну функцію на основі мультиплексора, включає такі операції:

- виконати функцію у вигляді СДНФ;

- заповнити карту Карно для цього СДНФ;
- на карти Карно вибрати області, виходячи з кількості записів інформації мультиплектора. Кількість рядків m та стовпців n у таких областях повинно відповідати умові: $m, n = 2^k$, де $k = 0, 1, 2, \dots$ змінні, які зберігають своє значення у вибраних областях;
- застосування змінних адрес будь-яким способом до адресних входів вибраного мультиплектора, тим самим визначаючи унікальну відповідність адресних діапазонів певному вводу інформації;
- для кожної області знайти MDNF / ICNF, пов'язану з інформаційними змінними для управління введенням інформації;
- використання однакових перетворень MDNF / MKNF для досягнення форми, придатної для спільної реалізації;
- схеми реалізації для кожного введення інформації мультиплектора у вибрану базу елементів [10].

1.2 Двоволоконні мультиплектори

У багатьох інженерів є думка, що для роботи за двома волокнам в першу чергу необхідно обзавестися «двоволоконними» мультиплекторами. Спроби пошуку таких пристроїв на ринку часто не дають результату - двоволоконні мультиплектори вміють продавати всі, але ні в кого їх на складі немає.

Однак, якщо розглянути внутрішній устрій двоволоконного мультиплектора, виявиться, що це по суті два однакових одноволоконних мультиплектора в одному корпусі.

З економічної точки зору все доволі просто: вартість мультиплектора зазвичай розраховується виходячи з вартості CWDM фільтра помноженого на кількість цих фільтрів в кінцевому пристрої, так що, по суті, немає ніякої різниці в ціні між, наприклад, мультиплексором 2x4 і двома мультиплексорами 1x4.

При роботі з парою двоволоконних мультиплексорів зазвичай виділяють одне волокно на «прямий» потік, а друге - на «зворотний». При цьому «прямий» і «зворотний» оптичні канали одного «дуплексу» визначаються однією довжиною

хвилі (наприклад, по одному волокну сигнал від одного «дуплексу» йде туди на довжині хвилі 1530нм, а по другому повертається назад на тій же самій довжині хвилі 1530нм).

У разі, якщо необхідно зібрати двоволоконний мультиплексор з пари одноволоконних, є два способи включення [11].

Перший варіант - включення по тому ж самому двоволоконному принципу, коли на одній стороні встановлено мультиплексор для прямого каналу (підключений до першого волокну) і демультимплексор для зворотного (підключений до другого волокну). На іншій стороні - дзеркально навпаки.

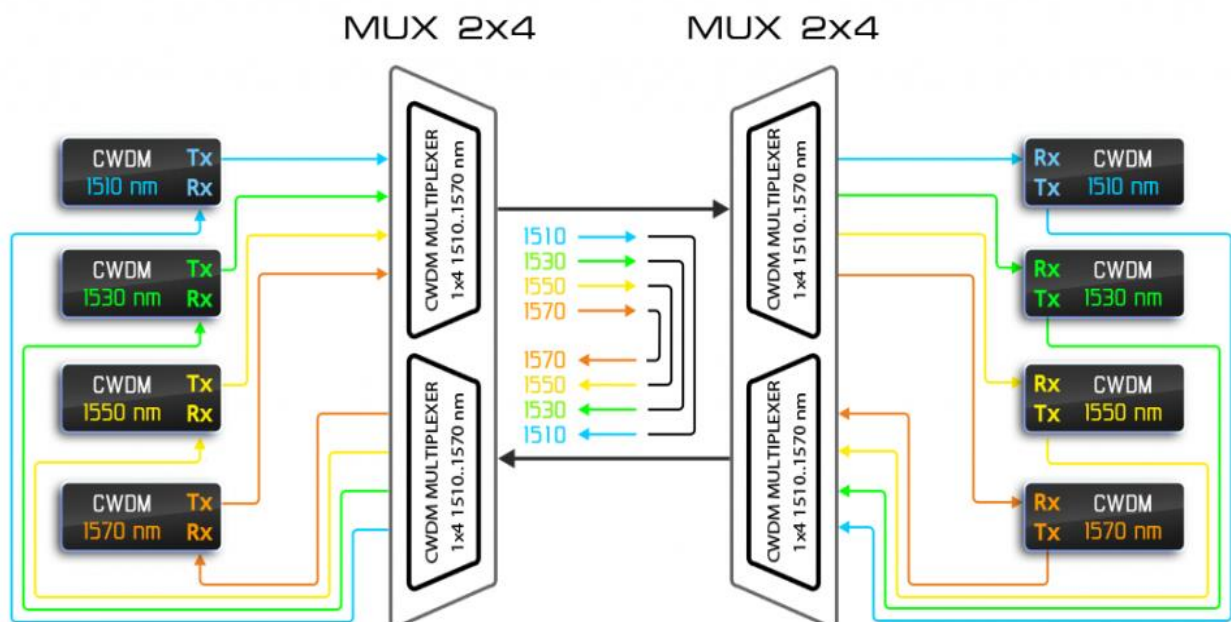


Рис. 1.5. Робота двох пар одноволоконних мультиплексорів в «Двоволоконні» режими [12]

Другий варіант - дві незалежних одноволоконних системи в двох різних волокнах.

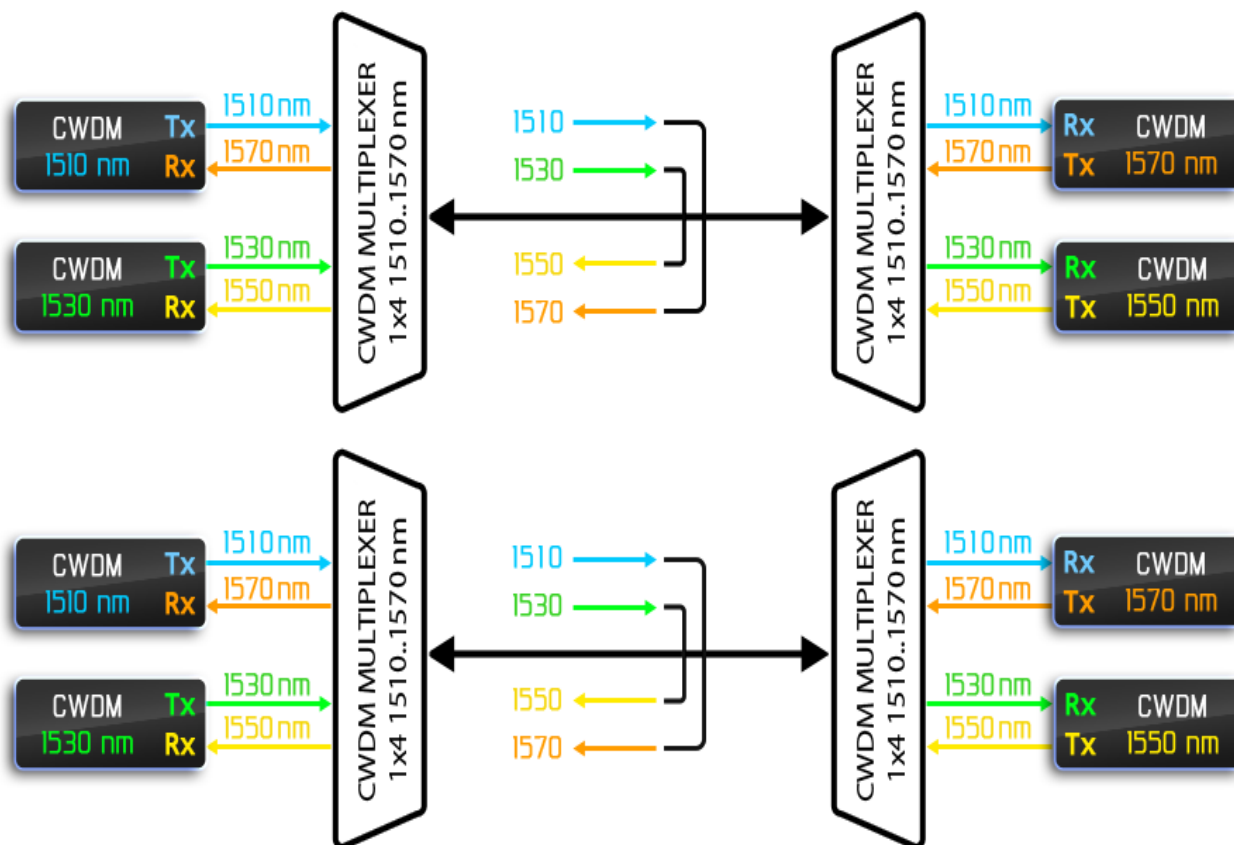


Рис. 1.6. Робота двох пар одноволоконних мультиплексорів в «одноволоконного» режимі по двох незалежних волокнах [12]

Як уже згадувалося раніше, двоволоконні мультиплексори сьогодні - рідкість, виготовляються вони в більшості випадків «під замовлення» і тому багато продавців відносять їх до розряду «нестандартних» мультиплексорів.

Багато виробників мультиплексорів згодні виконати будь-яку примху клієнта (природно, за додаткову плату), але і серед нестандартних мультиплексорів сформувався стійкий попит на певні зміни щодо:

- мультиплексори 1x18 - для стовідсоткового використання CWDM діапазону;
- «Прохідні» мультиплексори - пристрої з невеликим числом каналів і EXPRESS портом (для каскадування пристроїв мультиплексування в міру необхідності);

- мультиплектори з окремим виводом для подачі CATV сигналу від передавачів, випромінюючих на довжині хвилі 1310 ± 40 нм або на довжині хвилі 1550 ± 20 нм (або на 1570 ± 20 нм - дивлячись який передавач).

Крім усього перерахованого вище є ще один клас пристроїв мультиплексування, які продавці обладнання також дуже рідко тримають на складі - OADM.

OADM (англ. Optical Add-Drop Multiplexer) - оптичний мультиплексор вводу / виводу. Використовується цей пристрій в разі, коли де-небудь «по дорозі» з пункту А в пункт Б з магістрального волокна необхідно вивести (або в магістральне волокно ввести) один або кілька дуплексних каналів зв'язку.

У самому простому випадку OADM - це той же «прохідний» мультиплексор з парою CWDM фільтрів всередині. Більш складні пристрої здатні працювати відразу на два напрямки, виводячи одні дуплексні канали зв'язку з одного боку, і вводячи інші з іншого (іноді на тих же самих довжинах хвиль).

OADM в заводському виконанні представляє собою невелику пластикову коробку з магістральними і «абонентськими» висновками.

«Коробкове» рішення дуже зручне в експлуатації - поставив і забув, нічого не треба варити, нічого не треба тестувати - головне дотримуватися напрямку оптичних сигналів для коректної роботи. Крім того, коробочкове рішення має малі внутрішні втрати за рахунок заводської зборки.

Недоліки готових OADM починають проявлятися вже на етапі їх покупки - дуже складно знайти пристрій, здатний задовольнити кінцевого провайдера, особливо якщо його інженери використовують нестандартні пари довжин хвиль для дуплексів або вводять / виводять не один дуплекс, а два або більше.

Крім того, коробочкове рішення незручно при зміні топології або логічної схемотехніки мережі (їх неможливо розібрати і додати або витягти з них оптичні канали).

Тому багато постачальників CWDM обладнання взяли за практику не поставляти «коробкові» рішення, а покласти проектування і виготовлення OADM будь-якого формату на плечі провайдера.

На рисунку 16 схематично показано, як можна використовувати CWDM фільтри в якості OADM.

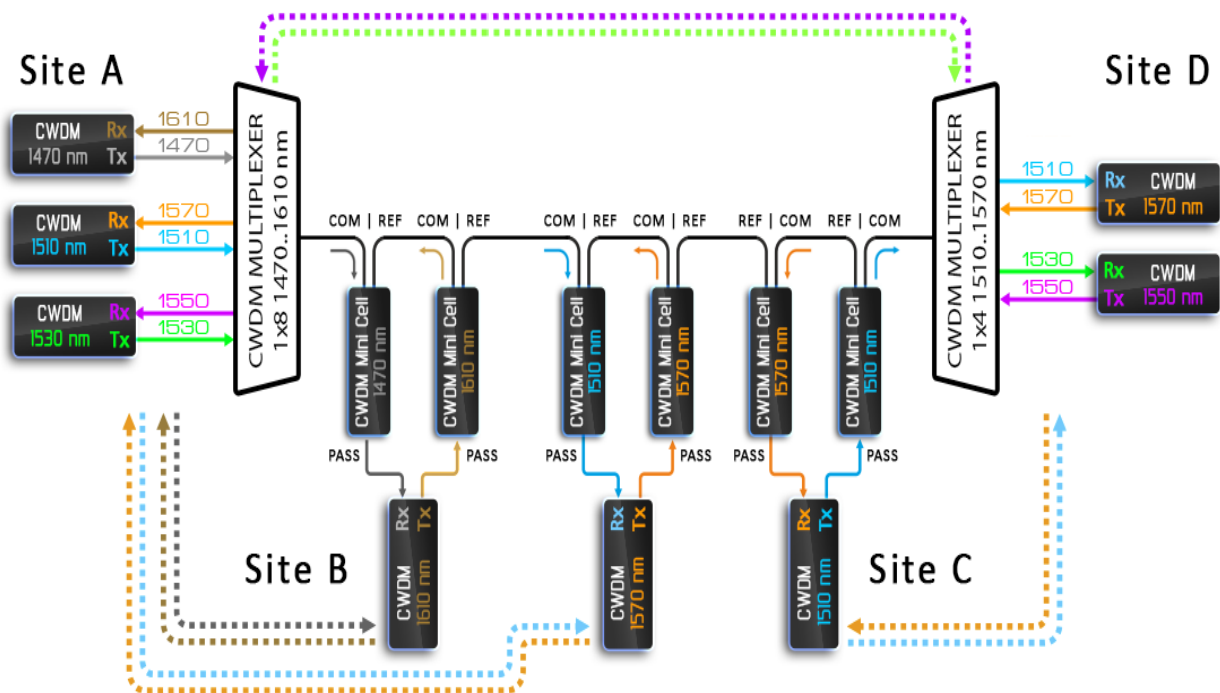


Рис. 1.7. Використання CWDM фільтрів замість OADM [12]

Малюнок демонструє магістральну лінію зв'язку, основні потоки якої народжуються на стороні А і вводяться в волокно за допомогою мультиплексора.

Точка А і точка D пов'язані між собою безпосередньо одним дуплексним каналом зв'язку (довжини хвиль 1530нм і 1550нм).

Точка А і точка В також пов'язані між собою одним дуплексним каналом зв'язку на довжинах хвиль 1470нм і 1610нм, при цьому в точці В ці довжини хвиль повністю виводяться з магістралі і далі не використовуються.

З точки А в точку С приходить один дуплексний канал зв'язку (довжини хвиль 1510нм і 1570нм), при цьому цей двобічний канал зв'язку повністю виключається з волокна в точці С.

Але на цих же довжинах хвиль (1510нм і 1570нм) з точки С в точку D піднімається новий двобічний канал зв'язку.

Як видно, при великій кількості вводів / висновків можна використовувати одні і ті ж довжини хвиль кілька разів за умови, що вони не зайняті на поточному відрізку магістралі.

Варто зазначити, що хоч CWDM технологія не користувалася великою популярністю досить довгий час, але до того моменту, коли CWDM ущільнення стало затребуване, розробники вже «оновили» технологію створення мультиплексорів.

На відміну від «старої» перевіреної часом технології каскадування CWDM фільтрів, сучасні CWDM мультиплексори виготовляються по планарній технології.

Ця технологія передбачає створення складного планарного хвилеводу, який доповнений коліматорами і тонкоплівковими фільтрами. Пристрої мультиплексування, виконані за цією технологією, отримали назву CCWDM мультиплексори (CompactCWDM) [13].

CWDM Multiplexing/Demultiplexing devices

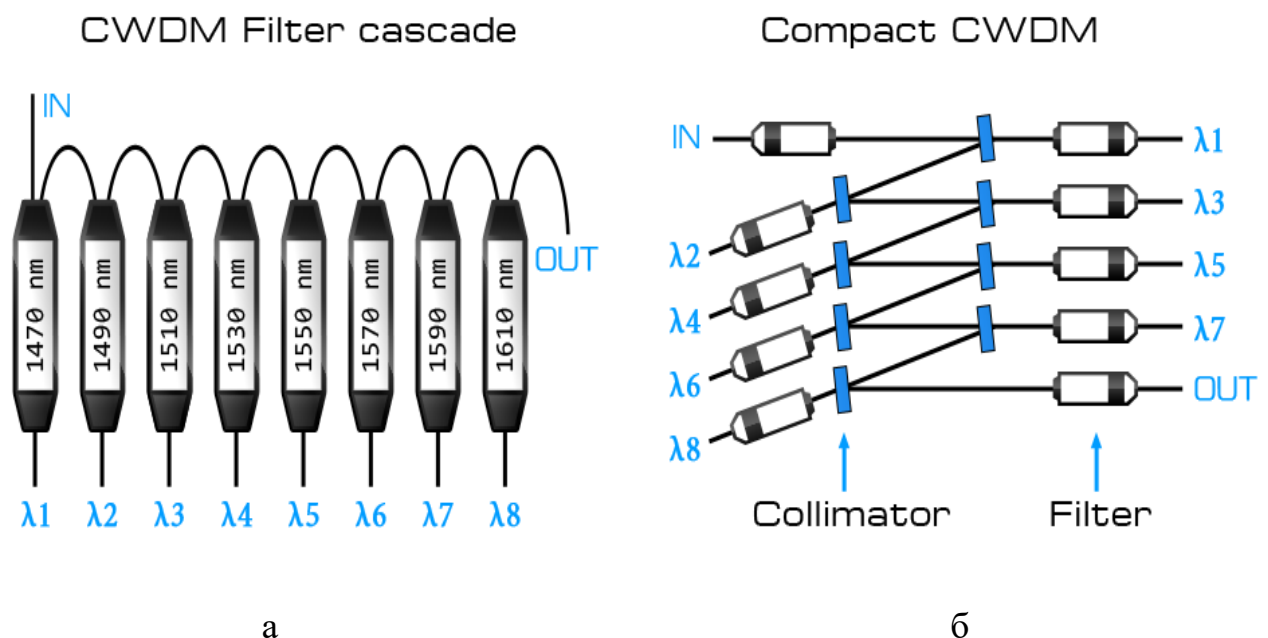


Рис. 1.8. Внутрішня будова CWDM мультиплексорів; а - класичний мультиплексор на основі каскаду CWDM фільтрів, б - CCWDM мультиплексор [14]

CCWDM мультиплексори з початку не користувалися популярністю в першу чергу через свої розміри - трохи більше сірникової коробки.

Інженери інтернет-сервіс-провайдерів з побоюванням ставилися до настільки малого пристрою, який, до того ж, було досить складно закріпити в стандартній патч-панелі, котрі зображені на рисунку



Рис. 1.9. Порівняння розмірів CCWDM і класичного CWDM мультиплексорів [15]

Але цей недолік легко вирішити за допомогою двосторонньої липкої стрічки, а ось гідності CCWDM пристроїв досить швидко перевели їх з розряду даремних чудасій у вкрай необхідну річ.

Трохи раніше вже акцентувалась увага на тому, що «колбові» мультиплексори мають різний показник внутрішнього загасання на кожному каналі через каскадирування внутрішніх елементів.

CCWDM мультиплексори в силу своєї внутрішньої будови практично позбавлені цих недоліків: внутрішнє згасання по кожному каналу в таких

пристроях практично однаково (близько 1.5дБ на канал для мультиплексорів 1x8 і близько -3дБ на канал для мультиплексорів 1x18).

Це дозволяє більш ефективно використовувати оптичний бюджет CWDM приймач на великих прольотах магістральних ліній зв'язку [16].

1.3 Недоліки CWDM

Незважаючи на цілий ряд переваг, CWDM системи ущільнення мають низку недоліків, порівняно з недорогими системами оптичного зв'язку, а саме:

- обмежений радіус дії.

Як і в простих системах оптичного зв'язку, оптичний сигнал CWDM діапазону неможливо посилити, а значить, дальність дії як і раніше обмежена оптичним бюджетом приймачів.

Ця дальність дорівнює 150км для гігабітних лінків і 80км для десятигігабітних лінків.

Крім того, на 10G канали зв'язку починає впливати хроматична дисперсія, що також обмежує дальність дії;

На жаль, мультиплексори, OADM і CWDM фільтри - це необхідне зло, з яким потрібно миритися.

- неможливість оптичної регенерації групового CWDM сигналу і його спектральних складових.

CWDM діапазон досить широкий, а сучасні оптичні підсилювачі-регенератори на основі ербію не здатні впоратися з таким широким діапазоном [17].

Виходом зі сформованої ситуації може стати 3R регенерація - відновлення оптичної потужності, форми сигналу, синхронізація сигналу за часом і корекція помилок.

3R регенерацію можна здійснити за допомогою наступних дій:

- прийняти ослаблений оптичний сигнал;
- перекласти оптичний сигнал в електричну форму;
- перекласти сигнал з електричної форми назад в оптичну і видати його в лінію.

Для цих цілей необхідний як мінімум свитч, набір приймач і мультиплектори, що робить 3R регенерацію, особливо на швидкості 10Гбіт / с, досить дорогим задоволенням.

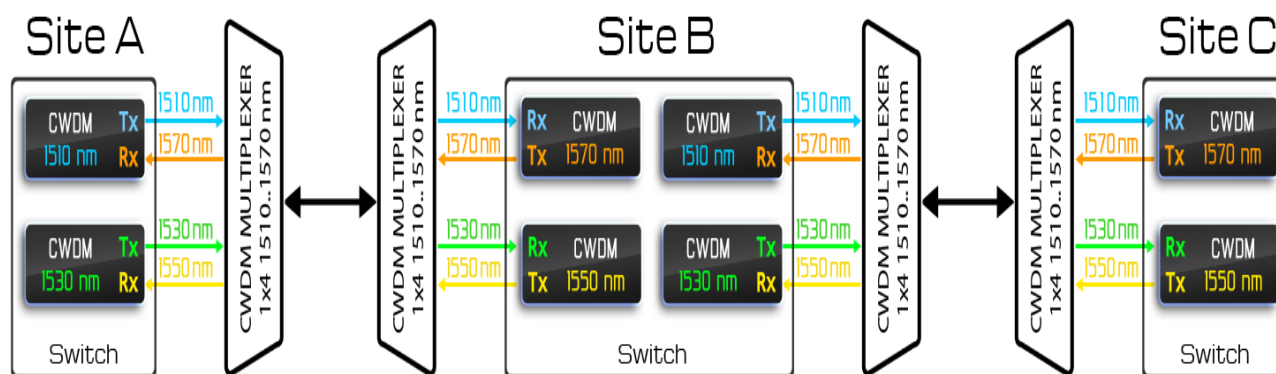


Рис. 1.10. 3R-регенерація [12]

Хоча останнім часом китайські виробники телекомунікаційного обладнання намагаються максимально дешево задовольнити потреби 3R регенерації. Наприклад, китайський виробник BDCOM випустив вкрай дешевий свитч другого рівня з 12-ю 10G портами форм-фактора SFP+, здатний провести 3R регенерацію відразу 6-ти дуплексних десятигігабітних лінків.

У висновку хочеться ще раз відзначити, що технологія ущільнення CWDM на сьогоднішній день не є чимось незвичайним, придбати компоненти і всю систему цілком можна практично у будь-якого продавця мережевого обладнання за досить скромну суму.

У той же час, використання CWDM систем здатне істотно спростити роботу інтернет-сервіс провайдера, який зможе втілити в життя більшість своїх найсміливіших фантазій, пов'язаних з топологією і ефективним використанням своїх (або чужих) волокон.

Звичайно, CWDM система не позбавлена недоліків - груповий CWDM сигнал неможливо регенерувати оптичним способом (тільки 3R-регенерація).

Число спектральних каналів CWDM також відносно мало - всього 18 довжин хвиль, з яких можна спарувати всього 9 дуплексних каналів зв'язку - для потужних провайдерів-магістраль це може здатися смішною цифрою, але багато локальних провайдерів зможуть по достоїнству оцінити навіть настільки малі можливості і знайти їм застосування .

Гнучкість CWDM системи дозволяє використовувати її практично скрізь, де тільки прокладено оптичне волокно, ця ж гнучкість дозволяє впроваджувати в роботу нестандартні рішення, які можуть заощадити багато часу і чимало коштів.

Загалом, не забувайте про CWDM, розповідайте про CWDM друзям, читайте про CWDM на ніч дітям, і головне - використовуйте CWDM!

CWDM - це не так складно, як здається на перший погляд [18].

РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ШВИДКОДІ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ

2.1 Використання мультиплексора

З точки зору теорії, мультиплексор пристрій, що має кілька сигнальних входів, один або більше керуючих входів і один вихід. В даний час практичне застосування мультиплексора можливо в різних системах телекомунікацій, відеоспостереження і запису, а також в інших сферах.

Однією з основних сфер застосування мультиплексора, є його використання в мережах зв'язку. Без них не обходиться жоден оператор зв'язку, адже застосування мультиплексора значно знижує собівартість зв'язку. Адже для того, щоб організувати передачу ста розмовних сигналів між двома автоматичними телефонними станціями, можна не прокладати сотню пар телефонного кабелю і для кожної пари використовувати термінал сполучення типу оптичного кросу, а підключити на одну пару кабелю один мультиплексор, котрий має сто каналів. Таким чином, вартість мультиплексора в рази менша, ніж відмова від його використання. При цьому, чим більше відстань між АТС, тим вище буде ефект від застосування мультиплексора. Незважаючи на те, що вартість мультиплексора, в залежності від моделі пристрою та імені фірми-виробника, становить від кількох сотень до кількох тисяч доларів США, вартість мультиплексора і витрати на його установку, як уже зазначалося вище, можуть багаторазово окупитися [19].

Ще однією перспективною сферою використання мультиплексорів є відеоконференцзв'язок. Цей вид зв'язку, що представляє собою одночасну двосторонню передачу, обробку, перетворення і подання інтерактивних даних на відстань в реальному часі. Залежно від типу відеоконференцзв'язку для його здійснення використовуються групові термінали або індивідуальні термінали відеоконференцзв'язку.

Індивідуальний термінал дає можливість користувачу використовувати відеозв'язок в режимі реального часу прямо зі свого робочого місця. Може

використовуватися як спеціалізований термінал, так і різні багатофункціональні пристрої, наприклад, персональний комп'ютер, ноутбук, мобільні телефон та інші.

Групові термінали використовуються для організації групових сеансів відеоконференцзв'язку, які проводяться в спеціально обладнаних переговорних кімнатах. При організації сеансу відеоконференцзв'язку групового типу відеокартинка виводиться на один загальний екран. У той же час, місце кожного учасника обладнано груповим терміналом, які мають мікрофон і відеокамеру. Таким чином, подібна система має один загальний вихід і багато індивідуальних входів, що і забезпечується мультиплексором [20].

2.2 Оцінка швидкодії мультиплексорів

Більш високою швидкістю володіє пристрій іншої конфігурації. Для його реалізації потрібні мультиплексори, виходи яких можуть переводитися в третій стан і допоміжний дешифратор. Якщо активізація виходу мультиплексора відбувається при використанні вхідного сигналу логічного нуля, то дешифратор повинен формувати унітарний код логічних нулів.

Схема такого пристрою представлена на рисунку 2.1. Тут молодшими розрядами вибирається один з чотирьох інформаційних сигналів кожного з мультиплексорів. Наявність трьох станів у вихідного каскаду позначається значком у вигляді перекресленого ромба.

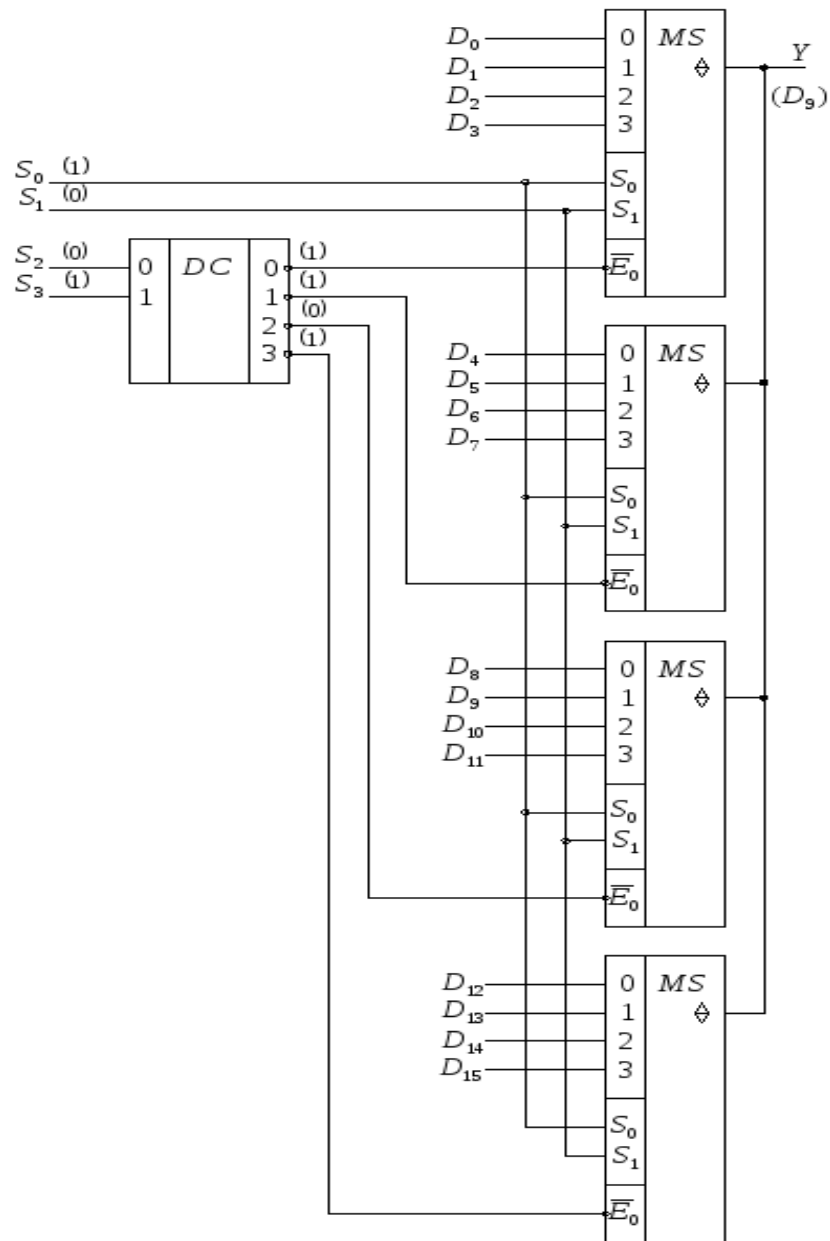


Рис. 2.1. Схема пристрою [21]

Дешифратор при $S_0 = 1, S_1 = 0$ формує логічний нуль тільки на виході з номером 2 і активізує вихідний каскад третього за рахунком мультиплексора. У решти зберігається високоімпедансний стан. При цьому на вихід пристрою надійде інформаційний сигнал з входу D_9 , що відповідає номеру, що задається комбінацією керуючих сигналів S_0, S_3 .

Такий спосіб управління не приводить до конфліктів на виходах мультиплексорів, так як в будь-який момент часу активізований лише один з них.

Затримка інформаційного сигналу тут визначається швидкістю його проходження через один щабель пристрою [22].

Мультиплексор може бути використаний не тільки за своїм прямим призначенням, тобто для комутації цифрових сигналів, а й як універсальний логічний елемент, здатний реалізувати будь-яку функцію від n логічних змінних, де n - число його керуваних входів. Як уже зазначалося, на відміну від алгебри безперервних змінних кількість логічних функцій обмежена і для змінних становить $N = 2^{2^n}$.

Як випливає з рисунку, даний елемент може виконувати і функцію керуваного інвертора. Дійсно, при $x_1 = 0, y = x_0$, а коли $x_1 = 1, y = \overline{x_0}$. Виготовлені промисловістю в складі серій мікросхем елементи, що виконують дану операцію.

Так як при переборі кодових комбінацій керуючих сигналів, на виходах мультиплексора з'являються дані з інформаційних входів, то якщо на них подати сигнали логічних нулів і одиниць, що відповідають значенням необхідної функції, то на виході мультиплексора будуть формуватися її значення. При цьому змінні повинні подаватися на входи.

Змінюючи комбінації сигналів на інформаційних входах, за допомогою мультиплексора можна відтворити будь-яку їх 16 можливих функцій від двох змінних.

З цієї точки зору мультиплексор є універсальним логічним елементом з програмованими властивостями, так як без зміни конфігурації пристрою виконується ім функція може змінюватися.

Актуальність використання мультиплексорів зводиться до того, що їх установка є більш швидким і економним варіантом в порівнянні з формуванням нового каналу для зв'язку. Це стосується як дротових, так і бездротових каналів, що передають потоки даних [23].

РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ МУЛЬТИПЛЕКСОРІВ

3.1 Огляд мультиплексора 74x151

На рисунку 3.1 представлений стандартний восьмивходовий мультиплексор 74x151, де входи D0 ... D7 - інформаційні; A, B, C - керуючі; EN - дозволу виходу; Y і Y_L - прямий і інверсний виходи. Дана схема існує як в ТТЛШ-виконанні (74LS151), так і КМОП-виконанні (74HC151).

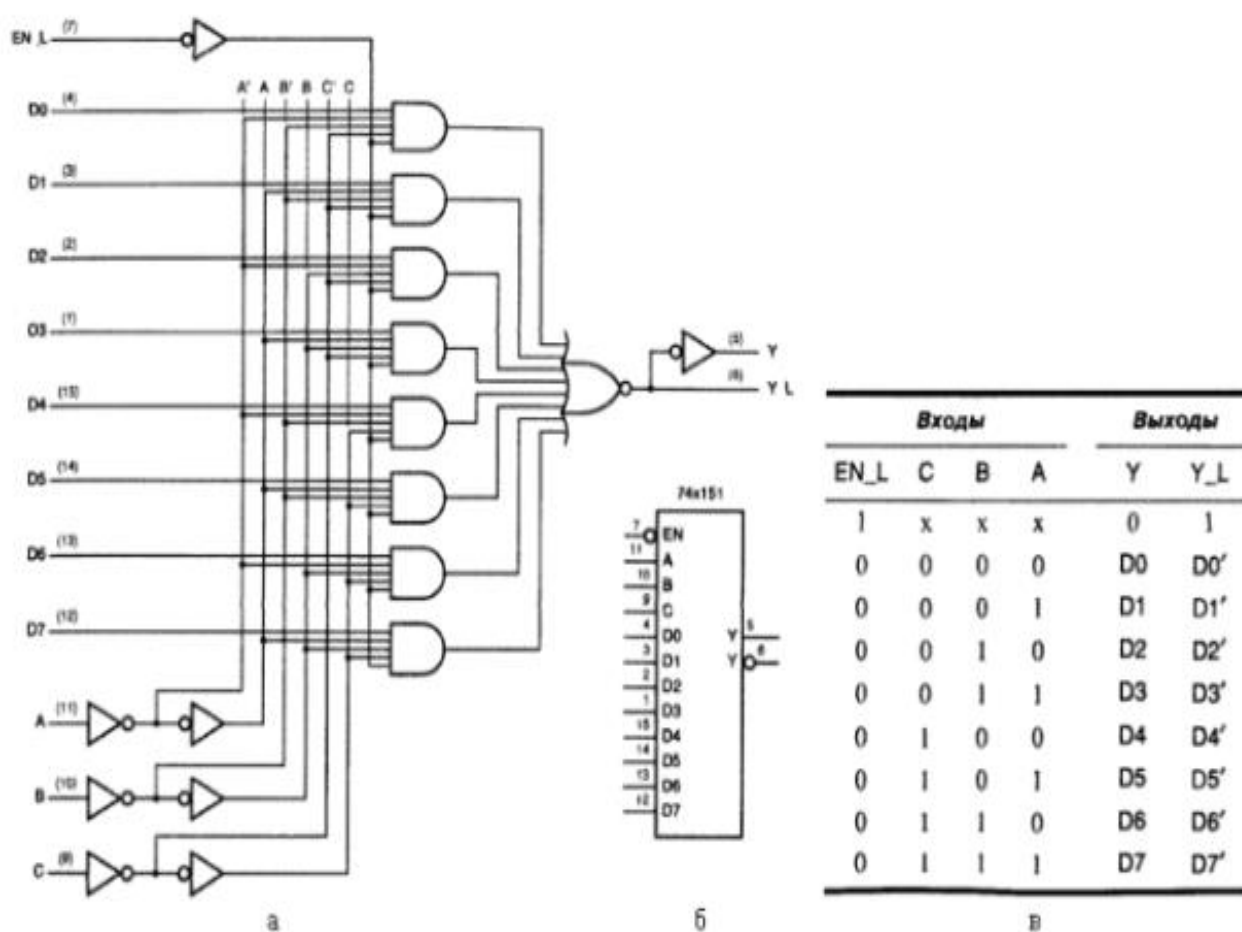


Рис. 3.1. Мультиплексор восьмивходовий 74x151; а принципова схема, б умовне позначення, в таблиця істинності [24]

Будемо вважати максимальним рівнем логічного нуля напруга $U_{vx0max} = 0,8$ В, мінімальним рівнем логічної одиниці - напруга $U_{vx1min} = 2,4$ В.

В процесі моделювання буде використовуватися активно-ємнісне навантаження, задана трьома резисторами $R1 = 7,5$ кОм, $R2 = 1,5$ кОм, $R3 = 910$ Ом і двома транзисторами з характеристиками, представленими в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Параметри мультиплексора

3.2 Моделювання ТТЛШ-мультиплексора 74LS151 [25]

Параметри	Q1	Q2
Струм насичення, А	$6,5 \cdot 10^{-15}$	$6,5 \cdot 10^{-15}$
Статичний коефіцієнт передачі струму H_{21e} , б/р	100	100
Опір емітера, Ом	2,5	2,5
Опір бази, Ом	800	150
Опір колектора, Ом	200	180
Ємність колектор-підкладка, пФ	5	3,5
Ємність емітерного переходу, пФ	1,5	1,5
Ємність колекторного переходу, пФ	2,5	2,0

Визначення середньої затримки перемикання.

Встановимо на вході D1 напруга логічної одиниці, на інших інформаційних входах - напруга логічного нуля. На керуючий вхід А подамо прямокутний імпульс напруги; входи В і С з'єднаємо з землею. Імпульс наростає від 0 В до 2,5 В з фронтом наростання 1 нс, фронтом спаду 1 нс, тривалістю 500 нс, періодом 3000 нс. Схема моделювання представлена на рисунку 3.2 (а).

Результати моделювання представлені на рисунку 3.2 (б).

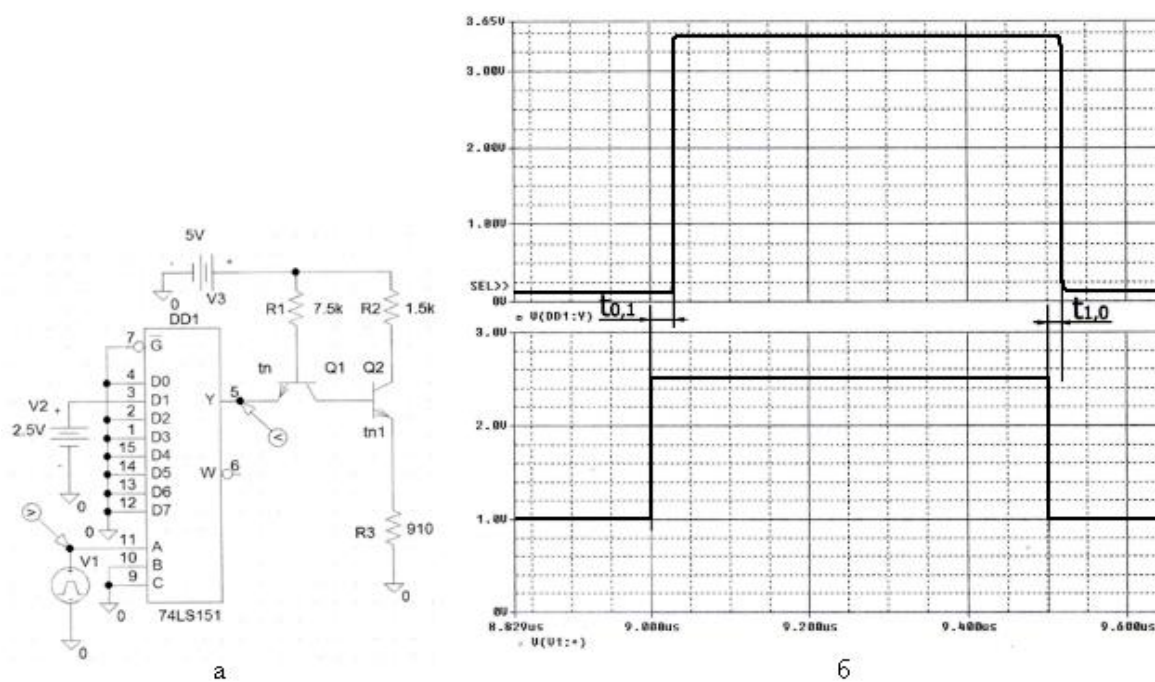


Рис. 3.2. Схема моделювання для визначення швидкодія мультиплексора 74LS151 (а); сигнал на виході схеми 74LS151 (б, зверху) при подачі на вхід прямокутного імпульсу (б, знизу) [26]

Таким чином, на вході D0 маємо рівень «0», на вході D1 - рівень «1». При низькому рівні сигналу на керуючому вході А на виході присутній інформаційний сигнал D0 ($Y = D0 = 0$), при високому рівні - інформаційний сигнал D1 ($Y = D1 = 1$). Досліджуємо поведінку схеми при перемиканні з режиму $Y = D0 = 0$ в режим $Y = D1 = 1$.

Визначимо середню затримку поширення сигналу в мікросхемі 74LS151, яка визначається як напівсумма затримок $t_{0,1}$ і $t_{1,0}$ та слугує усередненим параметром швидкодії, використовуваним при розрахунку тимчасових характеристик багатоелементних послідовно включених логічних схем [4]:

$$t_{0,1} = 27 \text{ нс}; t_{1,0} = 18 \text{ нс}; \tau_{\text{cp}} = 22,5 \text{ нс}$$

Визначення статичної завадостійкості 74LS151.

На керуючий вхід А подамо трикутний імпульс напруги; керуючі входи В і С з'єднаємо з землею. Імпульс наростає протягом 200 нс від рівня 0 В до 2,5 В і протягом 200 нс падає до нуля. Схема моделювання представлена на рисунку 3.3 (а).

Результати моделювання представлені на рисунку 3.3 (б). По поведінці виходу схеми можна зробити висновок про наявність гістерезису, т. Е. Різних реакцій схеми на ділянках переднього і заднього фронту впливає імпульсу напруги.

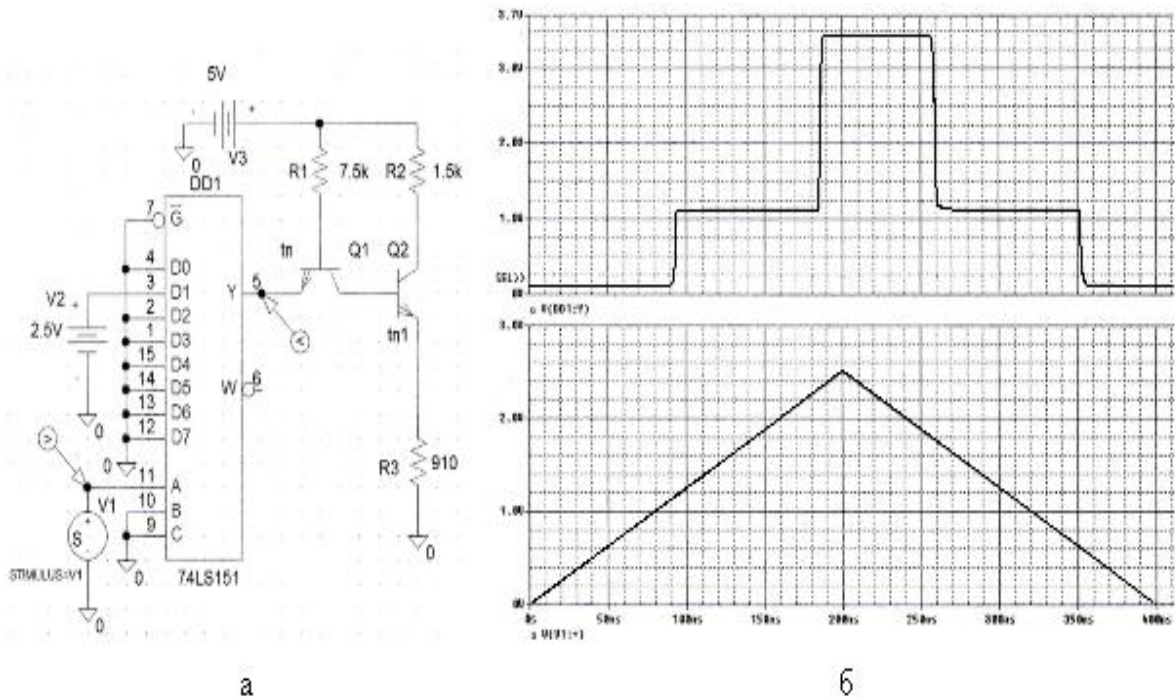


Рис. 3.3. Схема моделювання для визначення завадостійкості мультиплексора; 74LS151 (а) сигнал на виході схеми 74LS151 (б, зверху) при подачі на вхід трикутного імпульсу напруги (б, знизу) [26]

Для отримання передавальної характеристики схеми відкладемо на осі x значення вхідної напруги змінюється від 0 В до 2,5 В і назад, зображено на рисунку 3.4.

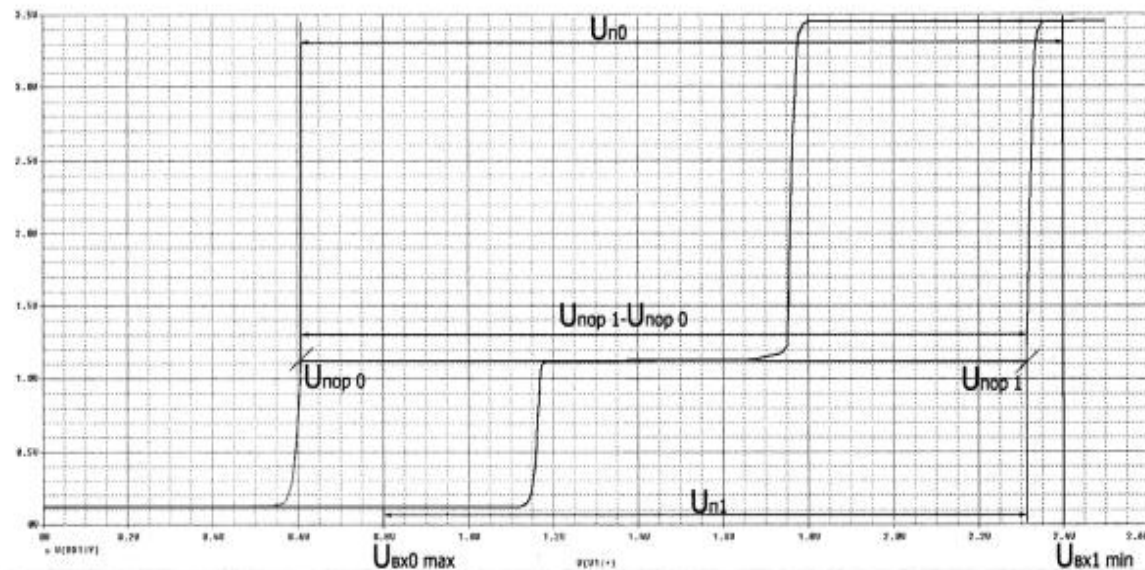


Рис. 3.4. Петля гістерезису на передавальній характеристиці схеми 74LS151 [27]

Значення параметрів статичної завадостійкості визначаються за рівнями логічного нуля ($U_{п0}$) та одиниці ($U_{п1}$). Ці параметри показують значення напруги, які можна подати на вхід схеми щодо рівня «0» або «1», не викликаючи її помилкового спрацювання. Параметр $U_{п0}$ визначається як різниця мінімальної напруги логічної «1» на вході ($U_{вх1\min}$) і порогової напруги $U_{пор0}$. Аналогічно, параметр визначається як різниця порогової напруги $U_{пор1}$ і максимального напруження логічного «0» на вході ($U_{вх0\max}$) [4].

Згідно з даними моделювання

$$U_{пор0} = 0,6 \text{ В}; U_{пор1} = 2,3 \text{ В}$$

З огляду на, що $U_{вх0\max} = 0,8 \text{ В}$, $U_{вх1\min} = 2,4 \text{ В}$, отримуємо:

$$U_{п0} = U_{вх1\min} - U_{пор0} = 1,8 \text{ В}$$

$$U_{п1} = U_{пор1} - U_{вх0\max} = 1,5 \text{ В}$$

Ширина петлі гістерезису становить. $U_{пор1} - U_{пор0} = 1,7 \text{ В}$

3.3 Моделювання КМОП-мультиплексора 74НС151

Визначення середньої затримки перемикання.

Досліджуємо поведінку схеми при перемиканні з режиму $Y = D0 = 0$ в режим $Y = D1 = 1$. Встановимо на вході D1 напруга логічної одиниці, на інших інформаційних входах - напруга логічного нуля. На керуючий вхід А подамо прямокутний імпульс напруги; входи В і С з'єднаємо з землею. Імпульс наростає від 0 В до 2,5 В з фронтом наростання 1 нс, фронтом спаду 1 нс, тривалістю 500 нс, періодом 3000 нс. Схема моделювання представлена на рисунку 4.5 (а), результати моделювання - на рисунку 4.5 (б).

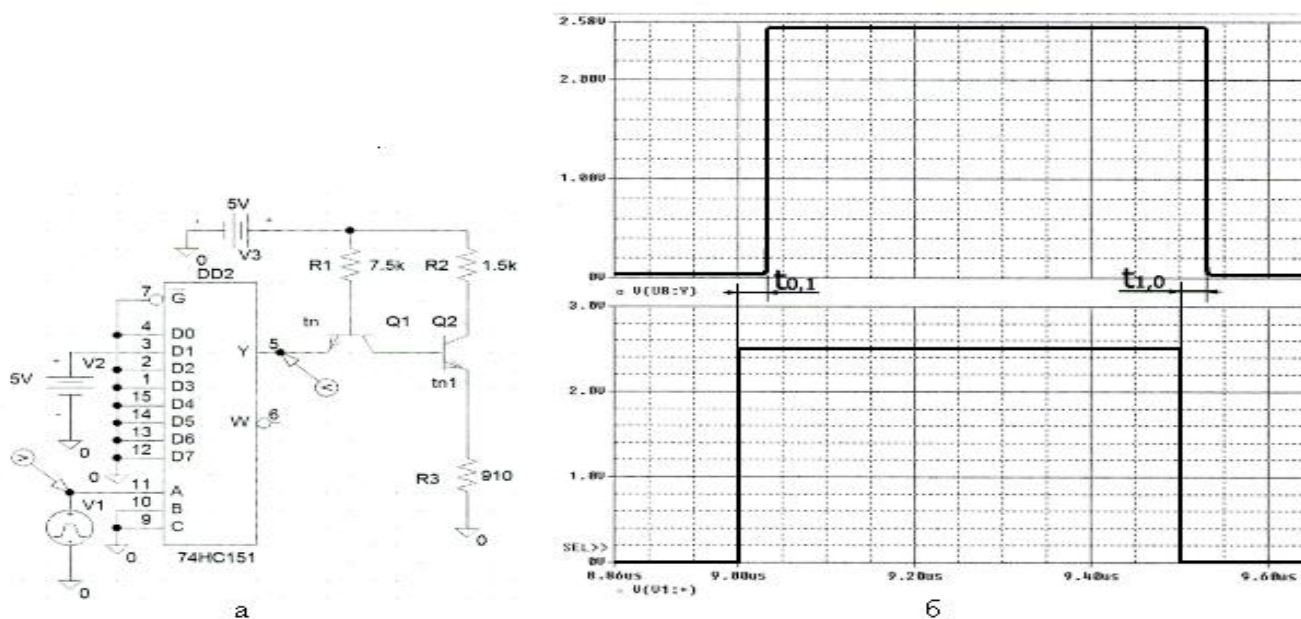


Рис. 3.5. Схема моделювання для визначення швидкодії схеми 74НС151 (а); сигнал на виході схеми 74НС151 (б, зверху) при подачі на вхід прямокутного імпульсу напруги (б, знизу) [27]

Визначимо середню затримку поширення сигналу:

$$t_{0,1} = 32 \text{ нс}; t_{1,0} = 29 \text{ нс}; \tau_{cp} = 30,5 \text{ нс}$$

Визначення статичної завадостійкості 74НС151.

На керуючий вхід А подамо трикутний імпульс напруги; входи В і С з'єднаємо з землею. Імпульс напруги наростає протягом 200 нс від рівня 0 В до 2,5 В і протягом 200 нс падає до нуля. Схема моделювання представлена на рисунку 3.6 (а), результати моделювання - на рисунку 3.6 (б). Схема 74НС151 також володіє гістерезисом.

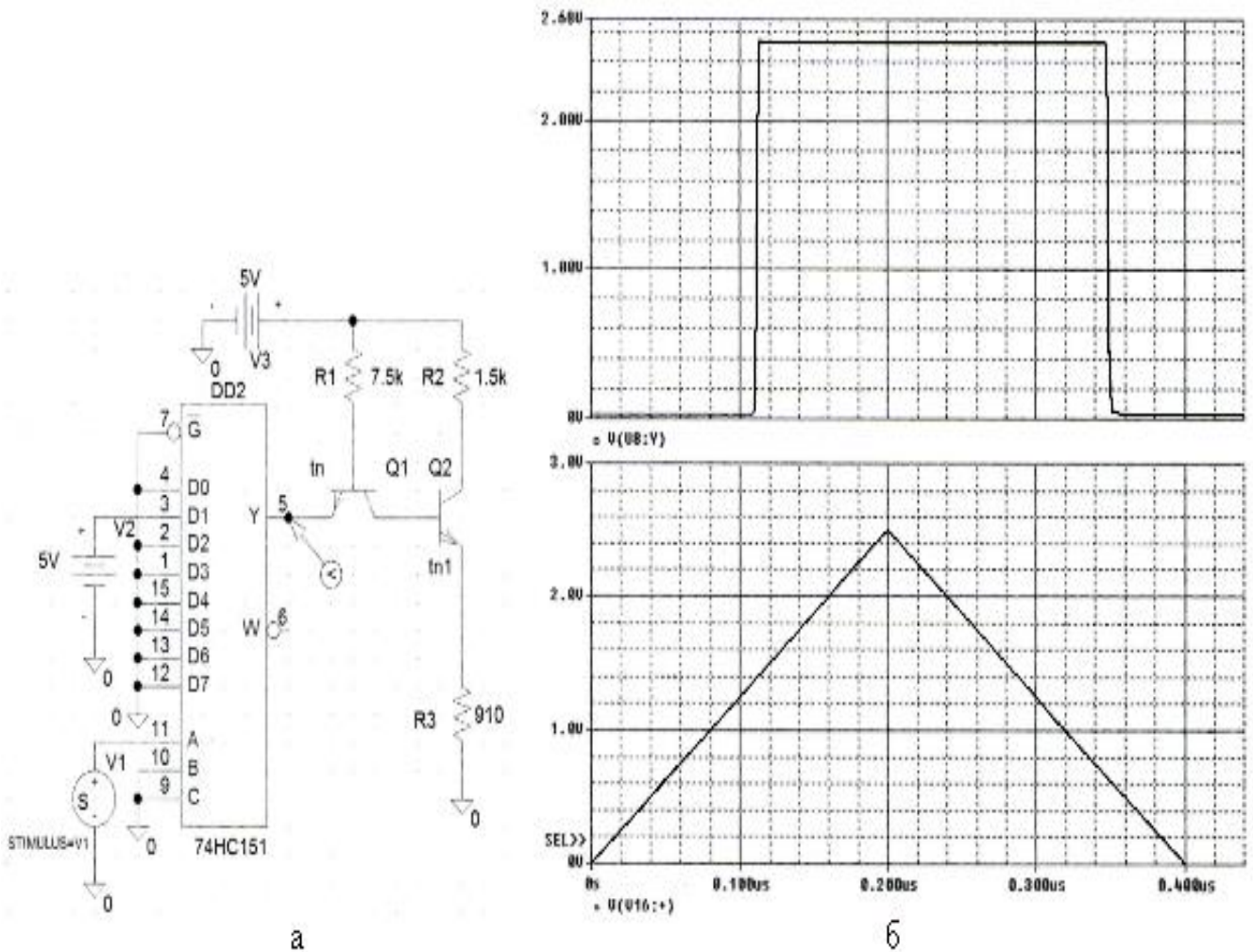


Рис. 3.6. Схема моделювання для визначення завадостійкості схеми 74LS151 (а); сигнал на виході схеми 74НС151 (б, зверху) при подачі на вхід трикутного імпульсу напруги (б, знизу) [26]

Для отримання передавальної характеристики схеми відкладемо по осі х значення вхідної напруги змінюється від 0 В до 2,5 В і назад, зображено на рисунку 3.7.

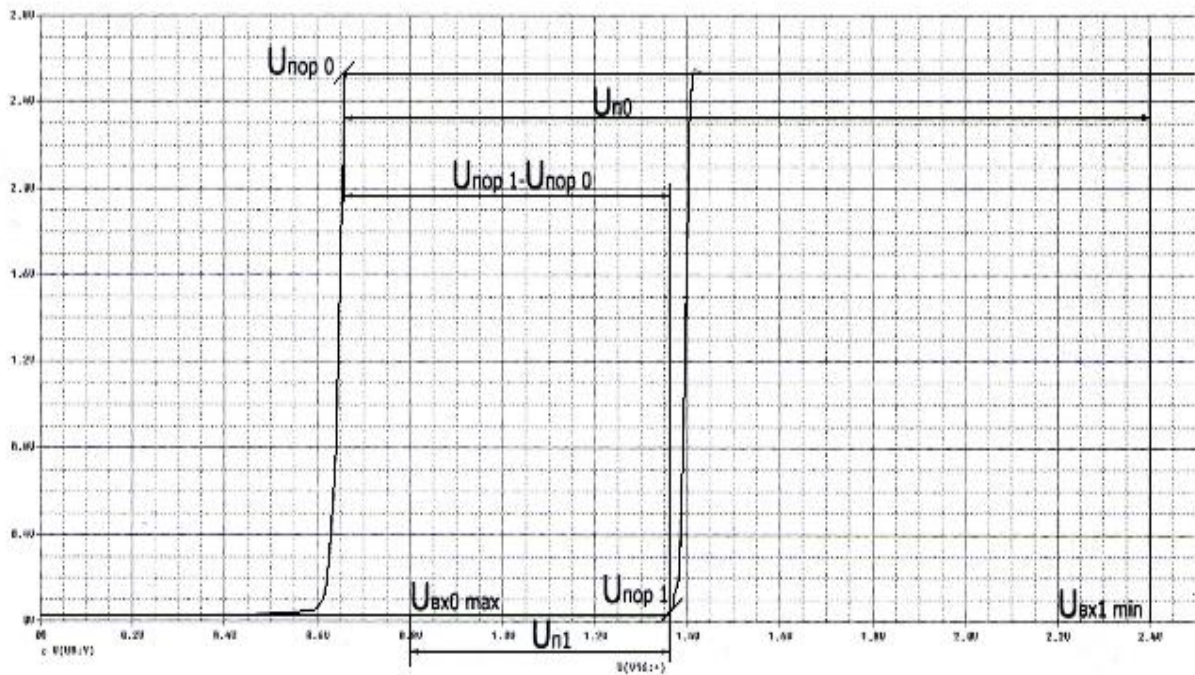


Рис. 3.7. Петля гістерезису на передавальній характеристиці схеми 74HC151[27]

Згідно з отриманими даними

$$U_{пор1} = 1,36 \text{ В}; U_{пор0} = 0,66 \text{ В.}$$

З огляду на, що $U_{вх0max} = 0,8 \text{ В}$, $U_{вх1min} = 2,4 \text{ В}$, отримуємо:

$$U_{п0} = U_{вх1min} - U_{пор0} = - 1,74 \text{ В}$$

$$U_{п1} = U_{пор1} - U_{вх0max} = 0,56 \text{ В}$$

Ширина петлі гістерезиса становить.

$$U_{пор1} - U_{пор0} = 0,7 \text{ В}$$

ВИСНОВКИ

1; Індивідуальний термінал дає можливість користувачу використовувати відеозв'язок в режимі реального часу прямо зі свого робочого місця. Індивідуальний термінал може використовуватися як спеціалізований термінал, так і різні багатофункціональні пристрої, наприклад, персональний комп'ютер, ноутбук, мобільні телефон та інші.

Групові термінали використовуються для організації групових сеансів відеоконференцзв'язку, які проводяться в спеціально обладнаних переговорних кімнатах. При організації сеансу відеоконференцзв'язку групового типу відеокартинка виводиться на один загальний екран. У той же час, місце кожного учасника обладнано груповим терміналом, які мають мікрофон і відеокамеру. Таким чином, подібна система має один загальний вихід і багато індивідуальних входів, що і забезпечується мультиплексором.

2; Вартість мультиплексора в рази менша, ніж відмова від його використання. При цьому, чим більше відстань між АТС, тим вище буде ефект від застосування мультиплексора. Незважаючи на те, що вартість мультиплексора, в залежності від моделі пристрою та імені фірми-виробника, становить від кількох сотень до кількох тисяч доларів США, вартість мультиплексора і витрати на його установку, як уже зазначалося вище, можуть багаторазово окупитися.

3; Моделювання схем 74LS151 і 74НС151 в середовищі PSPICE показало, що мультиплексор, реалізований на транзисторних-транзисторної логіки з діодами Шоттки, в досліджуваному режимі не поступається по завадостійкості мультиплексору, реалізованому на КМОП-логіці. Як і очікувалося, ТТЛШ-схема перевершує за швидкодією КМОП-схему на 26,2% через високу ємність ізольованого затвора МОП-транзистора (для мультиплексора 74LS151, для мультиплексора 75НС151). Слід зазначити, що КМОП-мікросхеми серії 74НС можуть працювати при рівні електроживлення нижче 5 В, що покращує їх швидкодію. Таким чином, мультиплексори серії 74LS слід використовувати при підвищених вимогах до швидкодії і некритичність величини споживаної потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wen, F. Charge Transfer Plasmons: Optical Frequency Conductances and Tunable Infrared Resonances [Text] / F. Wen, Y. Zhang, S. Gottheim, S. King, Yu. Zhang, P. Nordlander, J. Halas // ACS Nano. – 2015. – Vol. 9, Issue 6. – P. 6428–6435. doi: 10.1021/acs.nano.5b02087
2. Wei, H. Cascaded logic gates in nanophotonic plasmon networks [Text] / H. Wei, Z. Wang, X. Tian, M. Kll, H. Xu // Nature Communications. – 2011. – Vol. 2. – P. 387. doi: 10.1038/ncomms1388
3. Fang, X. Controlling light with light using coherent metadevices: all-optical transistor, summator and invertor [Text] / X. Fang, K. F. MacDonald, N. I. Zheludev // Light: Science & Applications. – 2015. – Vol. 4. – P. e292. doi: 10.1038/lsa.2015.65
4. Слепов Н.Н. Аппаратура и функциональные модули сетей SDH // Сети и системы связи. – 1996. - №1. – С.88-96.
5. Caulfield, H. J. The logic of optics and the optics of logic [Text] / H. J. Caulfield, J. Westphal // Information Sciences. – 2004. – Vol. 162, Issue 1. – P. 21–33. doi: 10.1016/j.ins.2003.01.002
6. Ebbesen, T. W. Surface plasmon circuitry [Text] / T. W. Ebbesen, C. Genet, S. I. Bozhevolnyi // Physics Today. – 2008. – Vol. 61, Issue 5. – P. 44–50. doi: 10.1063/1.2930735
7. Bozhevolnyi, S. I. Channel plasmon subwavelength waveguide components including interferometers and ring resonators [Text] / S. I. Bozhevolnyi, V. S. Volkov, E. Devaux, J.-Y. Laluet, T. W. Ebbesen // Nature. – 2006. – Vol. 440, Issue 7083. – P. 508–511. doi: 10.1038/nature04594
8. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. – М.:Эко-Трендз, 1998. - 269 с.
9. Петренко И.И., Убайдуллаев Р.Р. Пассивные оптические сети PON. Часть 2. Ethernet на первой миле, 2004, №2.
10. Kobayashi K. et al. Micro-optic Devices for Branching, Coupling, Multiplexing and Demultiplexing // Technical Diges of the First Integrated Optics and Optical Fiber Communication Conference. – Tokyo. – 1977. – P. 367-370.
11. Verhagen, E. Near-field visualization of strongly confined surface plasmon polaritons in metal- insulator- metal waveguides [Text] / E. Verhagen, J. A. Dionne, L.

Kuipers, H. A. Atwater, A. Polman // Nano letters. – 2008. – Vol. 8, Issue 9. – P. 2925–2929. doi: 10.1021/nl801781g

12. Laude J.-P. Diffraction-Limited Wavelength Multiplexers/Demultiplexers: A New Approach // Technical Digest of the Third Integrated Optics and Optical Fiber Communication Conference. San-Francisco. – 1981. P. 66-67.

13. В.Ш. Берикашвили, Н.Т. Ключик, К. Н. Костенко, М.Я. Яковлев. Интегральнооптические волноводные дисперсионные элементы для ВОЛС // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. - 2005. - №2. - С.10-16.

14. Evlyukhin, A. B. Surface plasmon polariton guiding by chains of nanoparticles [Text] / A. B. Evlyukhin, S. I. Bozhevolnyi // Laser Physics Letters. – 2006. – Vol. 3, Issue 8. – P. 396–400. doi: 10.1002/lapl.200610014

15. Pavlysh, V. A. Surface plasmon waves on the nanoscale films [Text] / V. A. Pavlysh, L. I. Zakalyk, D. V. Nevinskyi, S. Y. Lebid // Microwave and Telecommunication Technology. – 2013. – Vol. 2. – P. 885–886.

16. А.Н.Ключник, К.Н.Костенко, В.Ф.Фаловский, М.Я.Яковлев. Одномодовые спектрально-селективные разветвители для систем передачи информации // Высокие технологии в промышленности России Материалы 12 Международной научно-технической конференции. М.: ЦНИТИ "Техномаш". 2006.

17. Nevinskyi, D. V. Four Channel Splitter on Surface Plasmons-Polaritons [Text] / D. V. Nevinskyi, V. A. Pavlysh, L. I. Zakalyk, S. Yu. Lebid // Nanomaterials: Applications & Properties. – 2015. – Vol. 4, Issue 2

18. Nevinskyi, D. Surface plasmon polariton four-channel splitter and adder [Text] / D. Nevinskyi, V. Pavlysh, L. Zakalyk, S. Lebid. – Young scientists towards the challenges of modern technology, 2015.

19. А.Б.Иванов. Волоконная оптика. Компоненты, системы передачи, измерения. М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС. 1999. 672 с.

20. Nevinskyi, D. V. Surface plasmon-polaritons nanoscale waveguides obtained by optical photolithography [Text] / D. V. Nevinskyi, V. A. Pavlysh, L. I. Zakalyk, S. Yu. Lebid // Electronics and Telecommunications. – 2015. – Vol. 818. – P. 242–249.

21. Watanabe R. et al. Optical Demultiplexer Using Concave Grating in 0.7-0.9 μm Wavelength Region // Electronics Letters. – 1980. – Vol. 16. - № 3. – P. 106-107.
22. Ю.В.Рождественский. Сплавные волоконно-оптические мультиплексоры/демультиплексоры и их применение в телекоммуникационных системах // Фотон-экспресс. 2004. №1. С.16–18. 64
23. D. Marcuse. Theory of dielectric optical waveguides. Boston: Academic Press. 1991. 380 p.
24. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. В 2-х т. — Т. 1. — М.: Додэка-XXI, 2008. — 832 с.
25. Хайнеман Р. Визуальное моделирование электронных схем в PSPICE. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 336 с.
26. Уэйкерли Д. Проектирование цифровых устройств. В 2-х т. — Т. 1 — М.: Постмаркет Москва, 2002. — 1088 с.
27. Хоровиц П. Хилл У. Искусство схемотехники. — М.: Бином, 2016. — 704 с.

ДОДАТОК



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ КРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Кваліфікаційна робота
бакалавра

Розробка мікропроцесорної системи
управління

Студент гр. ЕІ-61 Д.О. Савченко

Науковий керівник,
к. ф.-м. н, старший викладач Ю.В. Столярчук

Конотоп 2020

Актуальність роботи

- Актуальність використання мультиплексорів зводиться до того, що їх установка є більш швидким і економним варіантом в порівнянні з формуванням нового каналу для зв'язку. Це стосується як дротових, так і бездротових каналів, що передають потоки даних
- Однією з основних сфер застосування мультиплексора - є його використання в мережах зв'язку. Без них не обходиться жоден оператор зв'язку, адже застосування мультиплексорів значно знижує собівартість зв'язку.
- Але існує проблема зі швидкістю роботи мультиплексора в мережах зв'язку.
- Тому метою стало підвищення швидкості роботи мультиплексорів для того, щоб значно зменшити затрати на зв'язок.

ОПИС МУЛЬТИПЛЕКСОРА

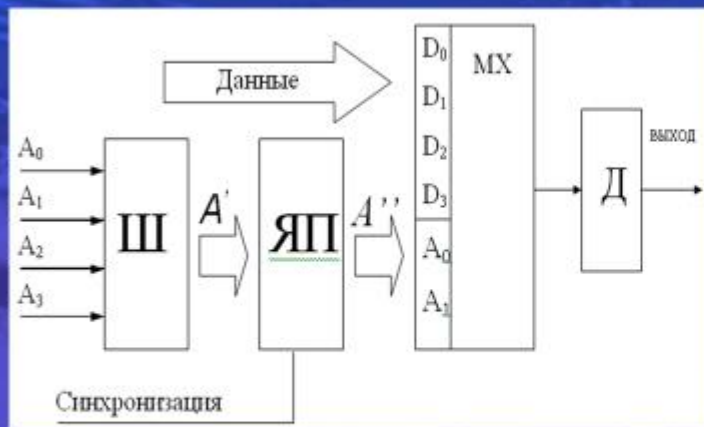


Рис. 1.1. Структурна схема мультиплексора;
MX - мультиплексор, Ш кодер, ЯП - комірка пам'яті,
Д - декодер

Мультиплексор - пристрій, що має кілька сигнальних входів, один або більше керуючих входів і один вихід. Мультиплексор дозволяє передавати сигнал з одного з входів на вихід; при цьому вибір бажаного входу здійснюється подачею відповідної комбінації керуючих сигналів

Недоліки CWDM

Незважаючи на цілий ряд переваг, CWDM системи ущільнення мають низку недоліків, порівняно з недорогими системами оптичного зв'язку а саме:

- обмежений радіус дії.

Ця дальність дорівнює 150км для гігабітних лінків і 80км для десятигігабітних лінків.

Крім того, на 10G канали зв'язку починає впливати хроматична дисперсія, що також обмежує дальність дії.

- неможливість оптичної регенерації групового CWDM сигналу і його спектральних складових.

CWDM діапазон досить широкий, а сучасні оптичні підсилювачі-регенератори на основі ербію не здатні впоратися з таким широким діапазоном.

Виходом зі сформованої ситуації може стати 3R регенерація - відновлення оптичної потужності, форми сигналу, синхронізація сигналу за часом і корекція помилок.

- 3R регенерацію можна здійснити за допомогою наступних дій:
- прийняти ослаблений оптичний сигнал;
- перекласти оптичний сигнал в електричну форму;
- перекласти сигнал з електричної форми назад в оптичну і видати його в лінію.

Оцінка швидкодії мультиплексорів

- Більш високою швидкодією володіє пристрій цієї конфігурації. Для його реалізації потрібні мультиплексори, виходи яких можуть переводитися в третій стан і допоміжний дешифратор. Якщо активізація виходу мультиплексора відбувається при використанні вхідного сигналу логічного нуля, то дешифратор повинен формувати унітарний код логічних нулів.
- Схема такого пристрою представлена на рисунку 2.1. Тут молодшими розрядами вибирається один з чотирьох інформаційних сигналів кожного з мультиплексорів. Наявність трьох станів у вихідного каскаду позначається значком у вигляді перекресленого ромба.

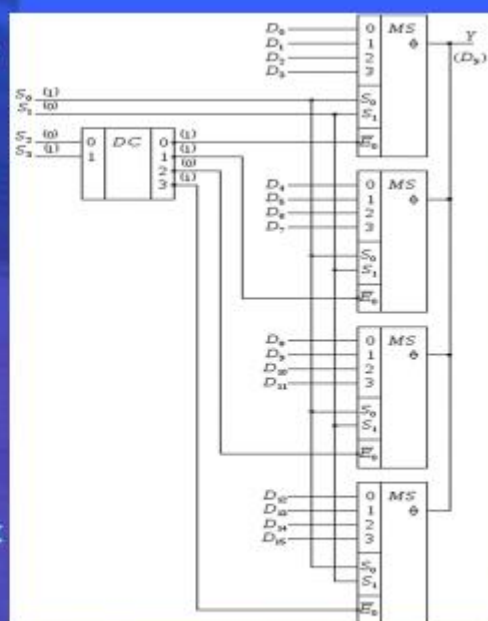


Рис. 2.1. Схема пристрою

Огляд мультимплексора 74x151

На рисунку 3.1 представлений стандартний восьмивходовий мультимплексор 74x151, де входи D0 ... D7 - інформаційні; А, В, С - керуючі;

EN - дозволу виходу; Y і Y_L - прямий і інверсний виходи. Дана схема існує як в ТТЛШ-виконанні (74LS151), так і КМОП-виконанні (74HC151).

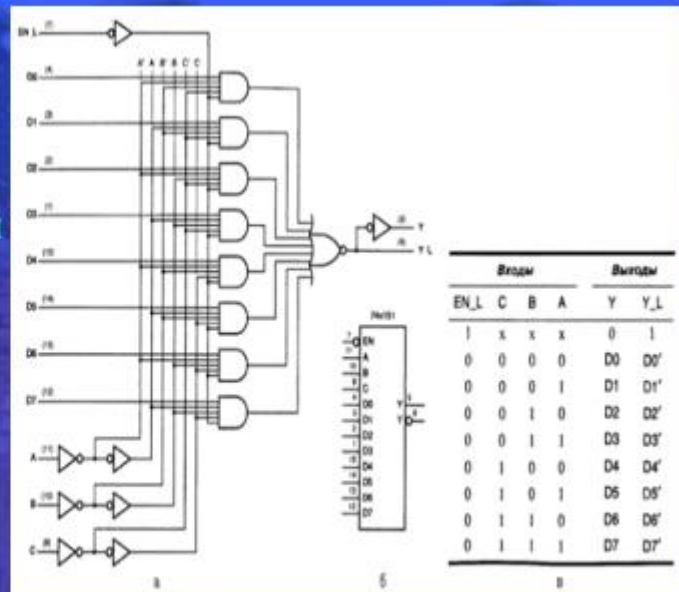


Рис. 3.1. Мультимплексор восьмивходовий 74x151; а - принципова схема, б умовне позначення, в таблиця істинності

Дані по виконаній роботі

Моделювання схем 74LS151 і 74HC151 в середовищі PSPICE показало, що мультимплексор, реалізований на транзисторних-транзисторної логіки з діодами Шоттки, в досліджуваному режимі не поступається по завадостійкості мультимплексору, реалізованому на КМОП-логіці. Як і очікувалося, ТТЛШ-схема перевершує за швидкістю КМОП-схему на 26,2% через високу ємність ізольованого затвора МОП-транзистора (для мультимплексора 74LS151, для мультимплексора 75HC151). Слід зазначити, що КМОП-мікросхеми серії 74HC можуть працювати при рівні електроживлення нижче 5 В, що покращує їх швидкість. Таким чином, мультимплексори серії 74LS слід використовувати при підвищених вимогах до швидкодії і не критичності величини споживаної потужності.

Висновок

Вартість мультиплексора в рази менша, ніж відмова від його використання. При цьому, чим більше відстань між АТС, тим вище буде ефект від застосування мультиплексора. Незважаючи на те, що вартість мультиплексора, в залежності від моделі пристрою та імені фірми-виробника, становить від кількох сотень до кількох тисяч доларів США, вартість мультиплексора і витрати на його установку, як уже зазначалося вище, можуть багаторазово окупитися.