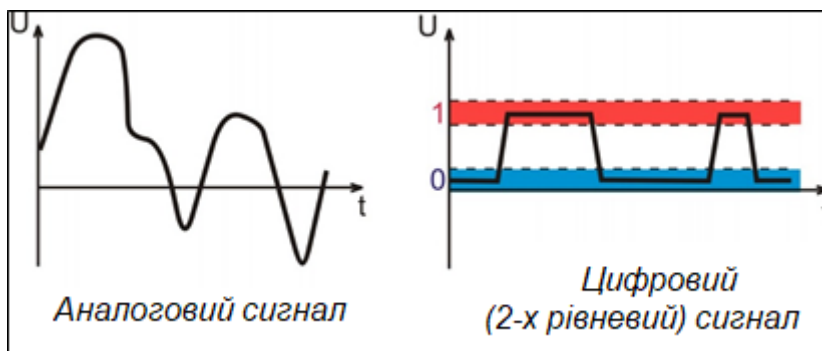
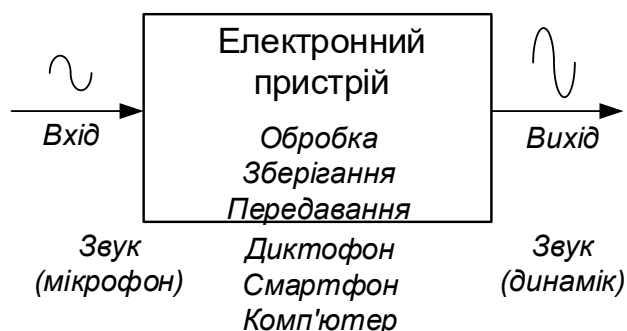


# Лекція 1. Характеристики електричних сигналів. Логічні основи комп'ютерної схемотехніки

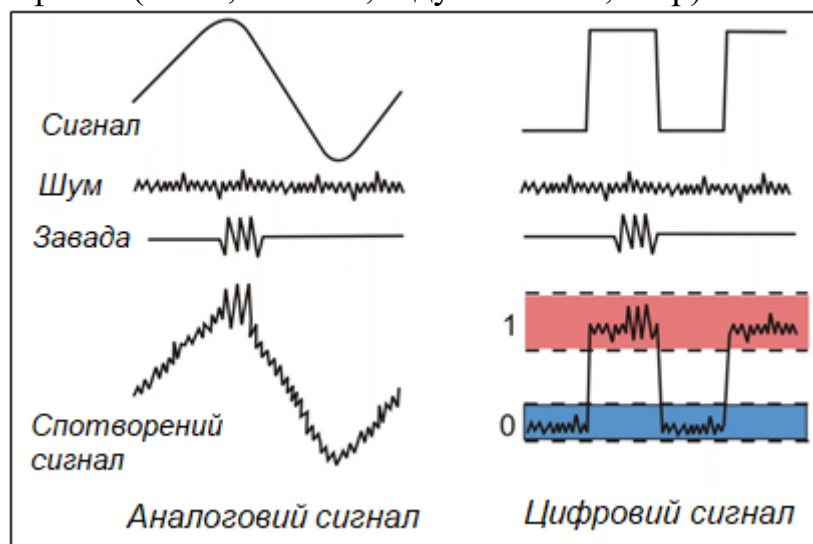


Мікросхеми діляться на два великих типи: аналогові і цифрові. Аналогові мікросхеми працюють з аналоговим сигналом, а цифрові, відповідно - з цифровими.

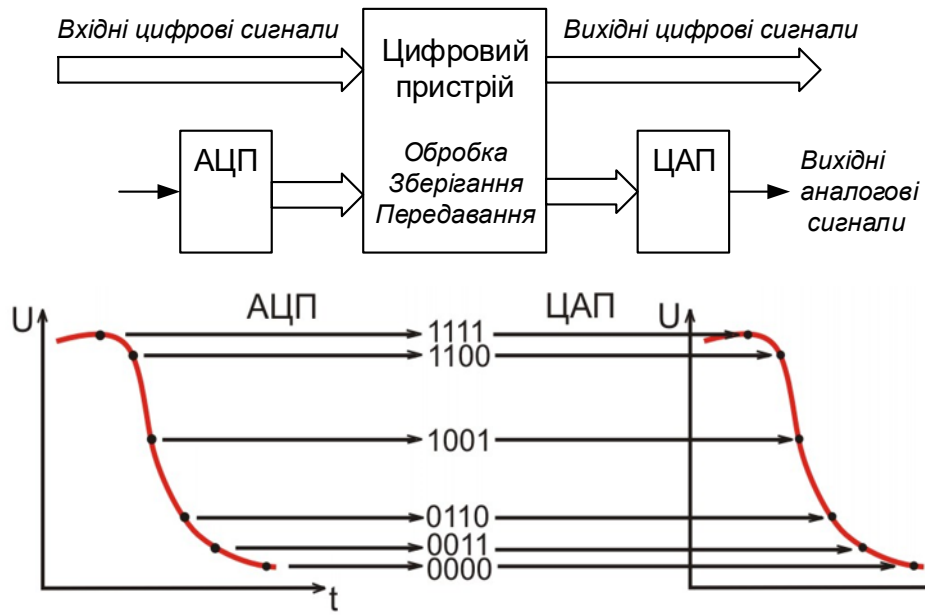


## Причини спотворення сигналів

- недосконалість характеристик елементів обладнання;
- шуми (слабкі хаотичні сигнали, які створює будь-який електронний компонент);
- наведення, завади (сигнали, викликані зовнішніми електромагнітними полями – радіозавадами, трансформаторами, взаємовпливом кіл);
- старіння елементів - зміна характеристик з плином часу;
- зовнішні фізичні впливи: температура, вологість, тиск, вібрація;
- паразитні ефекти (витік, ємність, індуктивність, опір).

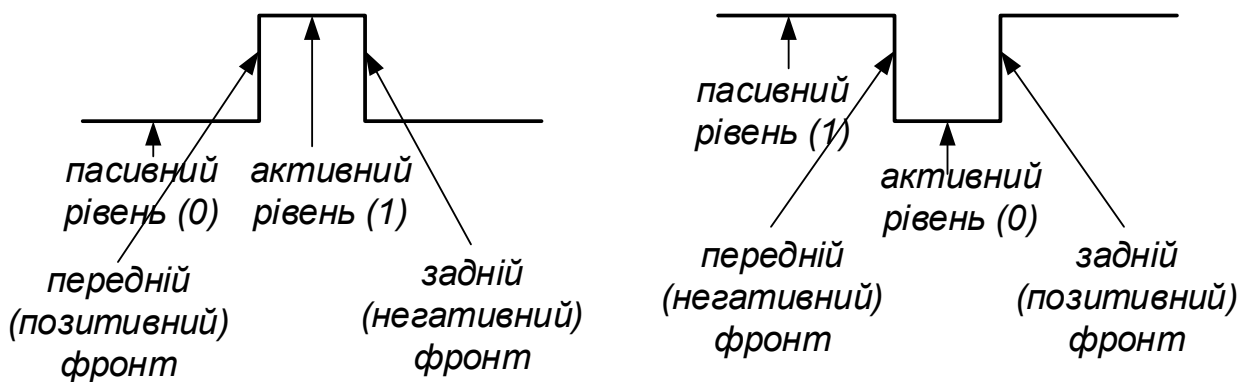


## Вмикання цифрового пристрою

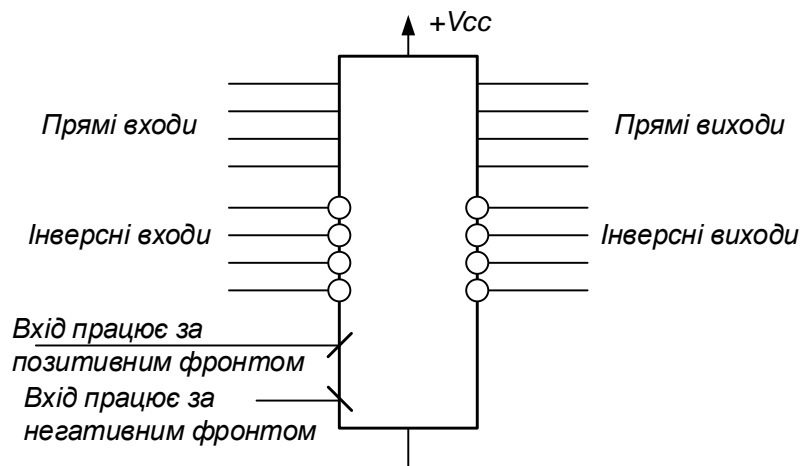


Цифрові сигнали - це сигнали, які мають два стабільних рівня - рівень логічного нуля і рівень логічної одиниці. У мікросхем, виконаних за різними технологіями, логічні рівні можуть відрізнятися один від одного.

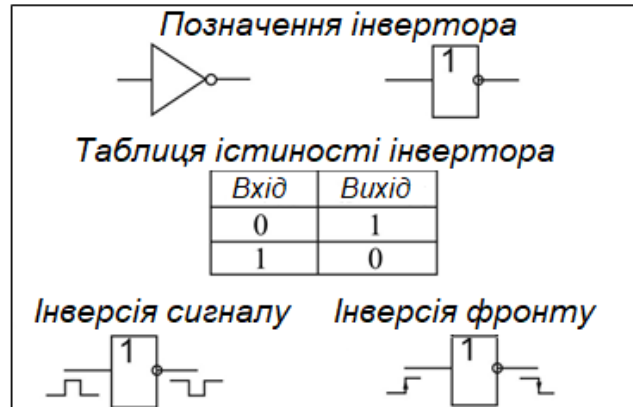
## Елементи цифрового сигналу



## Цифрові елементи, вузли, мікросхеми

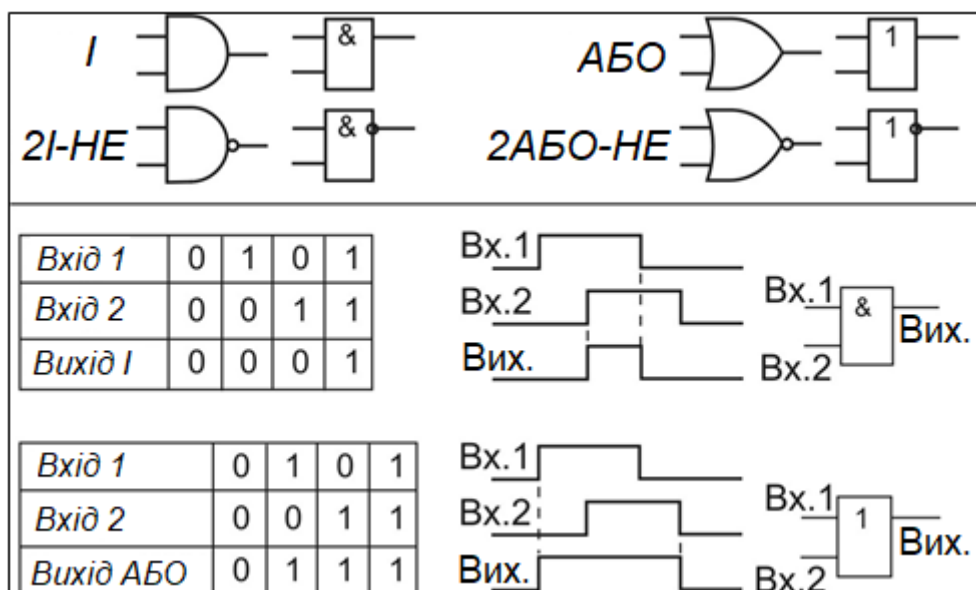
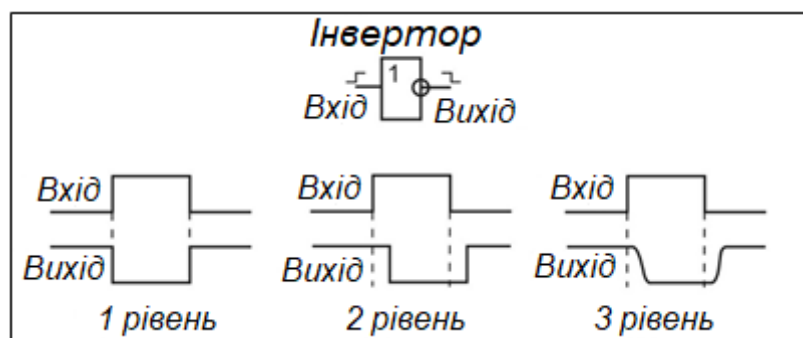


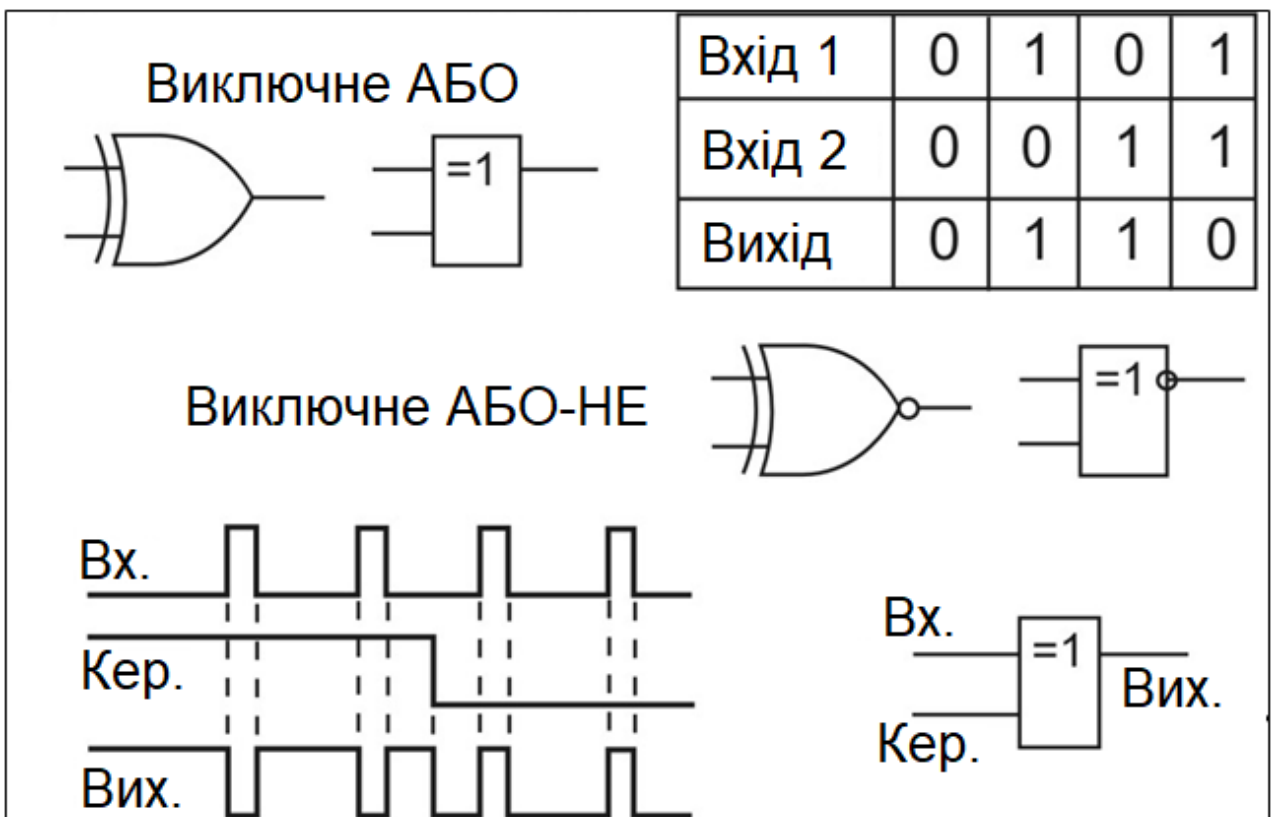
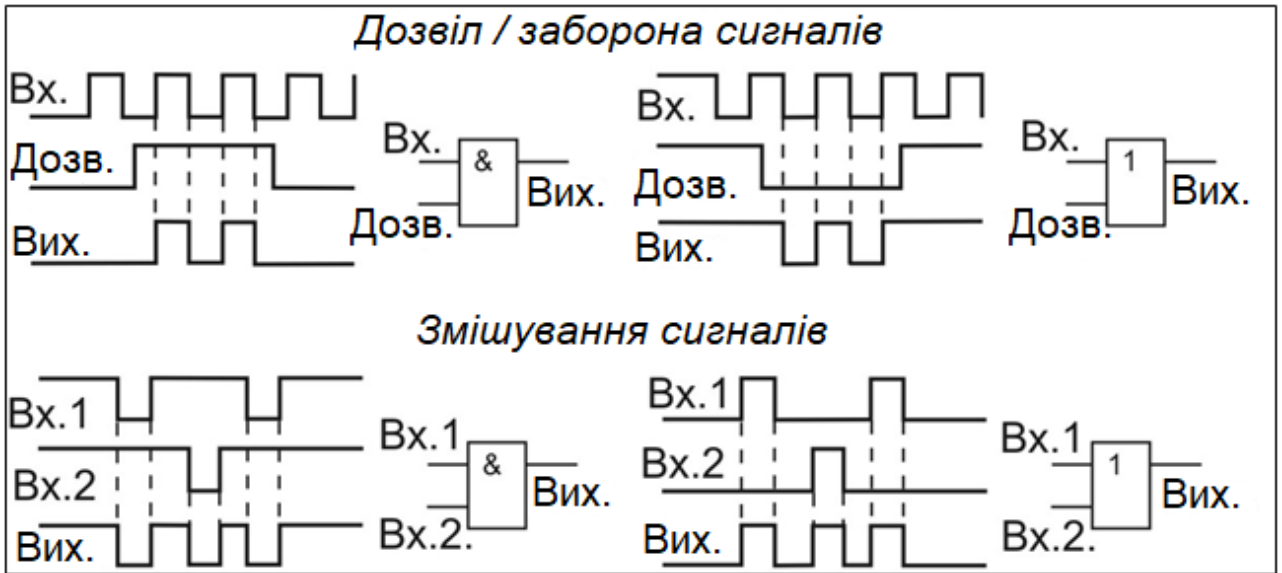
Абсолютно усі цифрові мікросхеми складаються з одних і тих же логічних елементів - «цеглинок» будь-якого цифрового вузла. Логічний елемент - це така схема, у якій кілька входів і один вихід. Кожному стану сигналів на входах, відповідає певний сигнал на виході.



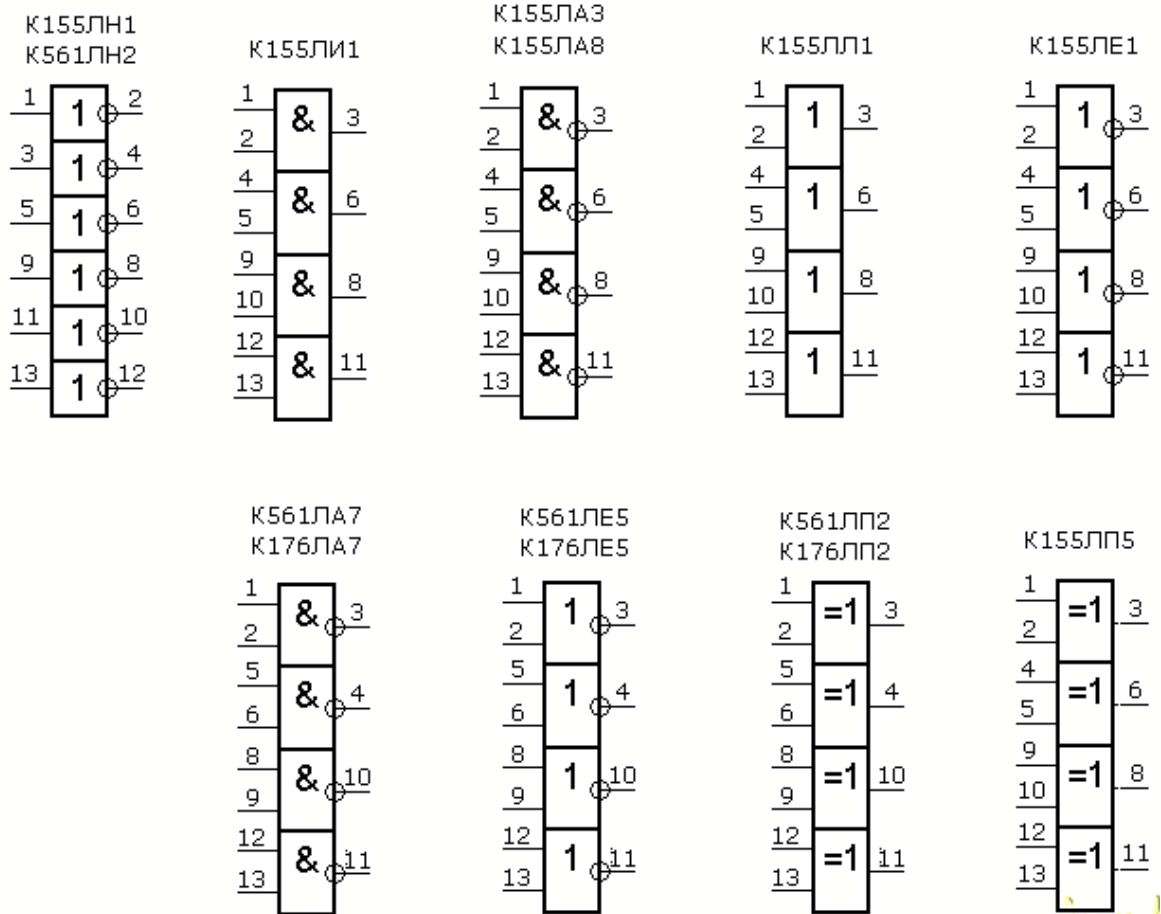
### Три моделі цифрових пристроїв

1. Логічна модель.
2. Модель з тимчасовими затримками.
3. Модель з урахуванням електричних ефектів (або електрична модель).





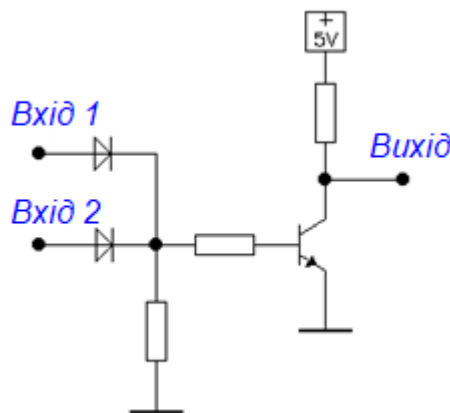
Біля виводів елементів позначені номери відповідних ніжок мікросхеми. Всі мікросхеми, що представлені, мають 14 виводів. Живлення подається на ніжки 7 (-) і 14 (+).



З моменту появи мікросхем як класу, існувало кілька технологій побудови цифрових схем:

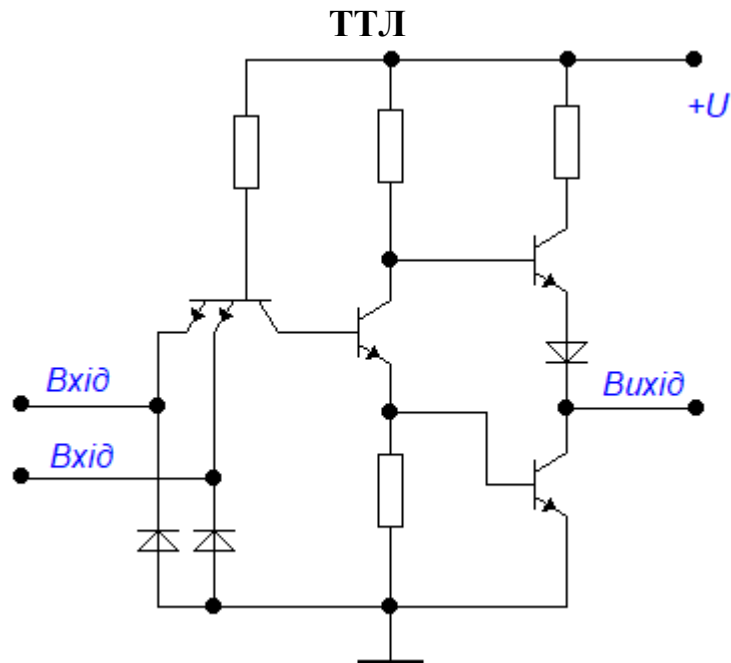
- діодно-транзисторна логіка (ДТЛ);
- транзисторно-транзисторна логіка (ТТЛ);
- емітерно-зв'язана логіка (ЕЗЛ);
- комплементарна метал-окисел-напівпровідник (КМОП)

### ДТЛ



Один елемент ДТЛ АБО-НЕ представлений на рис. Суть роботи полягає в тому, що провідність діода залежить від напруги анод-катод. Позитивне - проводить, інакше - ні. У точці з'єднання катодів діодів високий рівень буде, якщо хоча б на одному з анодів (тобто входах схеми) присутній високий рівень.

Якщо ж на обох низький, то і в цій точці буде низький. Потім йде інвертор на p-n транзисторі для поліпшення вихідних характеристик схеми. Відповідно на виході рівень буде зворотним по відношенню до точки з'єднання катодів діодів. Якщо діоди розгорнути в зворотну сторону (катоди на вихід, аноди до резисторам), а резистор підключити не на нуль, а на живлення - отримаємо І-НЕ. Перевага цієї технології - простота, як логіки, так і виготовлення.

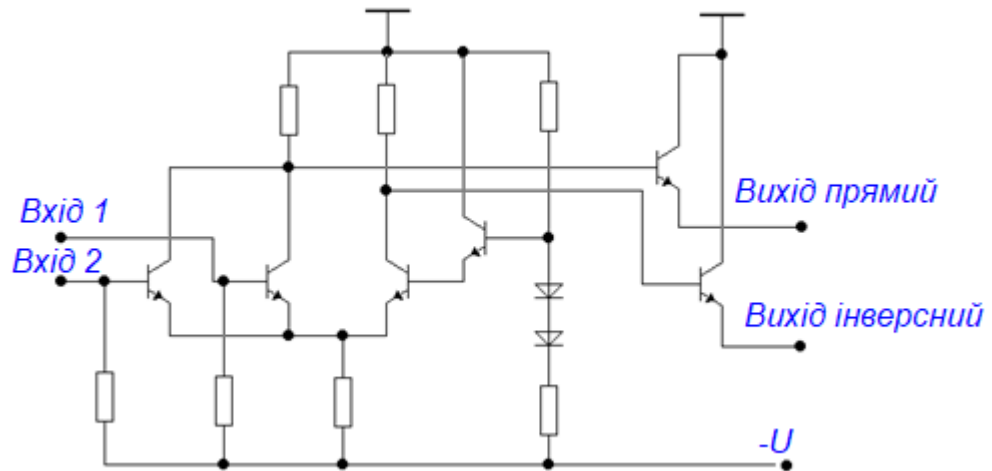


У ТТЛ головним є багатоємітерний транзистор. Його емітерна структура складається з декількох (найчастіше 2-3) незалежних ізольованих областей, прилеглих до бази. Поки на обох входах високі логічні рівні, емітерний перехід закритий і, отже, на базі наступного транзистора, умовно кажучи, рівень високий. Якщо на одному вході з'явиться нуль, відповідний емітерний перехід відкриється і на базі наступного транзистора буде напруга близька до нуля. Наступний каскад є складним інвертором. Така схема забезпечує менший струм, ніж в разі інвертора на одному транзисторі, а також забезпечує, при необхідності, більший струм виходу. Рівні вихідних сигналів ближче до нуля і живленню відповідно. Переваги ТТЛ в їх різноманітності. Хочеш - швидкі, хочеш - потужні, хочеш - прості та дешеві Недолік – струм споживання.

### ЕЗЛ

Головним є диференціальний каскад, який має дуже великий коефіцієнт підсилення. Плюс схема має прямий і інверсний вихід. У правій частині диференціального каскаду знаходиться джерело опорної напруги (ДОН). Ліва частина містить не один, а два транзистора, включених паралельно. Два виходу, прямий і інверсний з відкритими емітерами.

Виходить, що коли на прямому вході буде напруга вище опорної, отримаємо 1, інакше 0. Тобто, якщо напруга хоч на одному вході перевищить опорну, отримаємо 1, на всіх нижче - 0. Отримали функцію АБО.



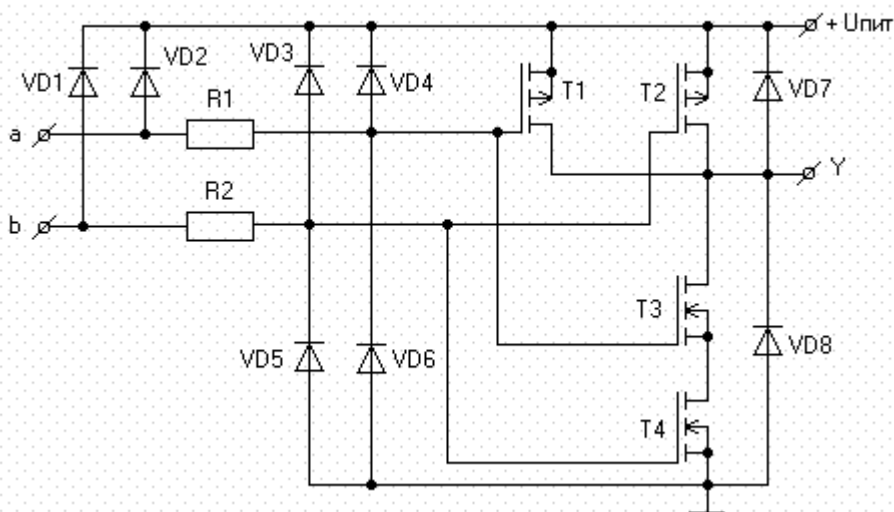
Що стосується вихідних каскадів, то тут виходять емітерні повторювачі, але без навантаження. Можливі 2 варіанти: або підключати на вхід такої МС (тоді резистори в базових ланцюгах вхідних транзисторів будуть навантаженням), або вшати резистори окремо. Живлення негативне.

Такі схеми є швидкодіючими, з потужними виходами та економічні.

### КМОН

Основою КМОН є транзистор структури МОН. Використовують їх пари різної провідності, як правило, з індукованим каналом. За рахунок різної структури робочого каналу, відкриваються вони різними рівнями напруги.

На рис. представлений один елемент І-НЕ.



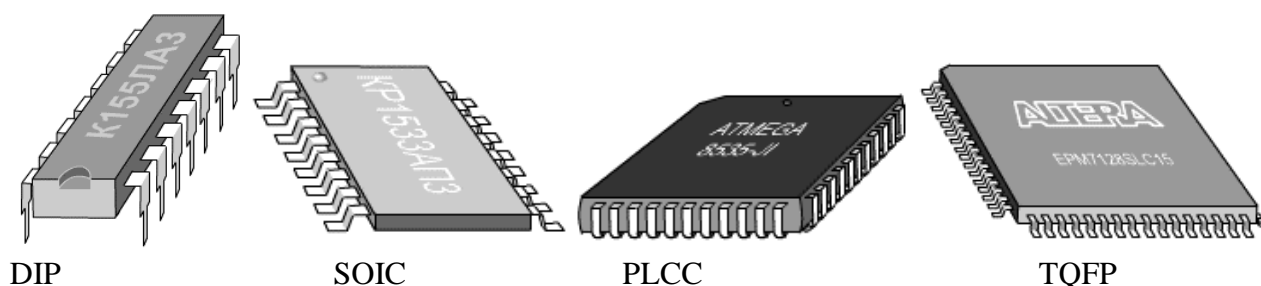
Усі діоди захисні і на логіку роботи схеми не впливають. Нехай у нас на обох входах високі логічні рівні. Тоді верхні транзистори закриті, а нижні відкриті, що еквівалентно підключенню виходу до загального проводу. Тепер нехай хоча б на одному вході нуль. Тоді один верхній транзистор відкритий, а

нижній - закритий. Отримуємо на виході напругу живлення. Власне і вся логіка. Якщо нижні транзистори включити паралельно, а верхні послідовно - отримуємо АБО-НЕ.

В даний час КМОН дуже поширена технологія.

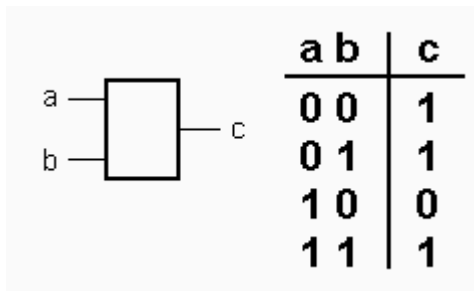
Перевага КМОН – низьке енергоспоживання, так як більшу частину часу опір між виводом живлення та нулем практично нескінчений. Невеликі імпульси струму виникають лише в момент перемикання з одного стану в інший. Відповідно чим вище частота перемикань, тим вище енергоспоживання. Але воно все одно значно нижче, ніж у інших технологій.

	ТТЛ	ТТЛШ	КМОП	Бастродейств. КМОП	ЭСЛ
<b>Расшифровка названия</b>	Транзисторно-Транзисторная Логика	ТТЛ с диодом Шоттки	Комплементарный Металл-Оксид Полупроводник		Эмиттерно-Согласованная Логика
<b>Основные серии отеч. микросхем</b>	K155 K131	K555 K531 КР1533	K561 K176	КР1554 КР1564	K500 КР1500
<b>Серии буржуйских микросхем</b>	74	74LS 74ALS	CD40 H 4000	74AC 74 HC	MC10 F100
<b>Задержка распространения, нС</b>	10...30	4...20	15...50	3,5...5	0,5...2
<b>Макс. частота, МГц</b>	15	50..70	1...5	50...150	300...500
<b>Напряжение питания, В</b>	5 ±0,5	5 ±0,5	3...15	2...6	-5,2 ±0,5
<b>Потребляемый ток (без нагрузки), мА</b>	20	4...40	0,002...0,1	0,002...0,1	0,4
<b>Уровень лог. 0, В</b>	0,4	0,5	< 0,1	< 0,1	-1,65
<b>Уровень лог. 1, В</b>	2,4	2,7	~ U пит	~ U пит	-0,96
<b>Макс. выходной ток, мА</b>	16	20	0,5	75	40



Є деякий елемент з двома входами та одним виходом та відома його таблиця істинності:

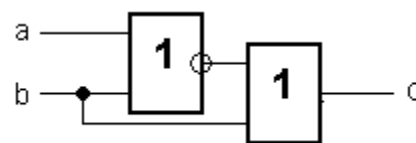
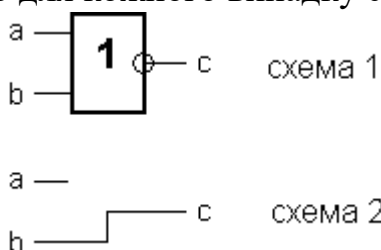




Необхідно придумати схему даного елемента на основі відомих логічних елементів. Нас цікавлять ті позиції таблиці істинності, в яких вихідний сигнал дорівнює 1.

Бачимо: одиниця на вході *b* в будь-якому випадку призводить до одиниці на виході. Значить, можемо поєднати вхід *b* безпосередньо з виходом *c*.

У нас є ще одна одиниця на виході - коли на обидва входи подані нулі. Згадуємо, який елемент реагує на два нуля? Правильно, елемент «АБО-НЕ»! Значить, друга одиниця буде формуватися елементом АБО-НЕ. Давайте намалюємо для кожного випадку свою схему:



Об'єднаємо ці схеми в одну. Пам'ятаємо, що безпосередньо з'єднувати цифрові виходи не можна. Значить треба їх з'єднати через якийсь елемент. Причому, цей елемент повинен видавати одиницю на вихід в разі, якщо хоча б на одному вході є одиниця. Який це елемент? Звичайно, це «АБО».

Елемент, до якого потрібно намалювати схему, має три входи і один вихід. Відповідно, таблиця істинності збільшується до 8 рядків:

