

Оптоелектронні інтегральні мікросхеми

Оптоелектронні пристрої, в яких є джерело та приймач випромінювання з тим або іншим видом оптичного та електричного зв'язку між ними, конструктивно пов'язані один з одним, називаються оптронами.

Принцип дії оптронів оснований на подвійному перетворенні енергії. У випромінювачі енергія електричного сигналу перетворюється в світлову, а в фотоприймачі оптичний сигнал викликає зміну струму, напруги або опору.

Наявність оптичного зв'язку між джерелом та приймачем випромінювання забезпечує ряд принципових переваг оптронів: дуже високу електричну ізоляцію входу та виходу; односпрямованість передачі інформації; відсутність зворотної реакції фотоприймача на випромінювач та взаємних дій; широку полосу пропускання; несприйняття оптичного каналу до впливу електромагнітних полів. Крім того, ці прилади дозволяють реалізувати безконтактне управління електронними об'єктами, розробити функціональні мікроелектронні пристрої з фотоприймачами, характеристики яких під дією оптичного випромінювання змінюються за як завгодно складним заданим законом, створити різноманітні давачі та пристрої для передачі інформації шляхом впливу на матеріал оптичного каналу.



Рис. 1. Узагальнена структурна схема оптрона

В той же час існування подвійного перетворення сигналу є причиною низького; значної споживаної потужності; сильної залежності параметрів від температури; високого рівня власних шумів; конструктивно-технологічної недосконалості, пов'язаної з використанням гібридної технології.

Призначення окремих елементів оптрона і види перетворення енергії показані на узагальненій структурній схемі оптрона (рис. 1). Вхідний пристрій забезпечує узгодження джерела випромінювання з попередніми електронними елементами за струмом та напругою та оптимізацію його робочого режиму.

Як вже зазначалось, джерело випромінювання перетворює електричний сигнал у світловий, тому до нього застосовуються високі вимоги за ККД, швидкодією, спрямованістю випромінювання та постійністю електричних і оптичних параметрів.

Зв'язок між випромінювачем та фотоприймачем здійснюється через оптичне середовище, яке в багатьох випадках забезпечує й механічну цілісність конструкції. Для максимально повної передачі енергії оптичний канал повинен мати високе пропускання без спотворення форми сигналу і мінімальне розсіювання випромінювання в сторони, а також захищати елементи оптрона від зовнішніх світлових впливів.

Значно розширити функціональні можливості оптронів дозволяє використання керованого оптичного каналу. Під дією пристрою управління (див. рис.1) змінюються параметри оптичного середовища або чутливість фотоприймача, що змінює коефіцієнт передачі оптрона.

Так, оптрони з відкритим оптичним каналом, в яких зв'язок між джерелом та приймачем випромінювання здійснюється через повітряний зазор, застосовуються для зчитування інформації з перфоновісків, що пересуваються в цьому зазорі. Використовуючи в якості оптичного середовища електрооптичні або магнітооптичні матеріали, можна управляти параметрами оптронів за допомогою електричного чи магнітного поля. Якщо ж властивості оптичного каналу змінюються при зовнішніх механічних впливах, то такі прилади можуть успішно застосовуватись в якості різноманітних давачів положення, пересування, вібрації, прискорення, рівня і виду рідини.

В фотоприймачі оптичне випромінювання перетворюється в електричний сигнал і для зменшення втрат його інформативності необхідно підвищувати чутливість, швидкодію і стабільність параметрів приймачів.

Потужність і амплітуда сигналу з фотоприймача часто буває недостатня для управління наступними електронними схемами, тому в склад оптронів включаються вихідні пристрої. Вони забезпечують підсилення сигналу і перетворення його в стандартну, зручну для передачі форму.

Для ефективної роботи оптрона всі його елементи повинні бути узгоджені за спектральними, електричними та експлуатаційними характеристиками.

За ступенем складності й типом оптичного каналу виділяють три групи приладів: оптопари, оптоелектронні інтегральні мікросхеми і спеціальні оптрони, класифікація яких наведена на рис. 2.

Оптопара (або елементарний оптрон) являє собою оптоелектронний напівпровідниковий прилад, що складається з випромінювального та фотоприймального елементів, між якими є оптичний зв'язок, що забезпечує електричну ізоляцію між входом та виходом. В залежності від типу фотоприймача, що використовується, вони поділяються на діодні, транзисторні, тиристорні та резисторні оптопари.

Оптоелектронна інтегральна мікросхема (ОІМС) складається з однієї або кількох оптопар та електрично з'єднаних з ними одного або кількох узгоджувальних або підсилювальних пристроїв. В залежності від області застосування ОІМС поділяють на цифрові, призначені для високошвидкісної передачі цифрової інформації по електрично ізольованих колах, і аналогові, які використовуються для обробки неперервних сигналів.

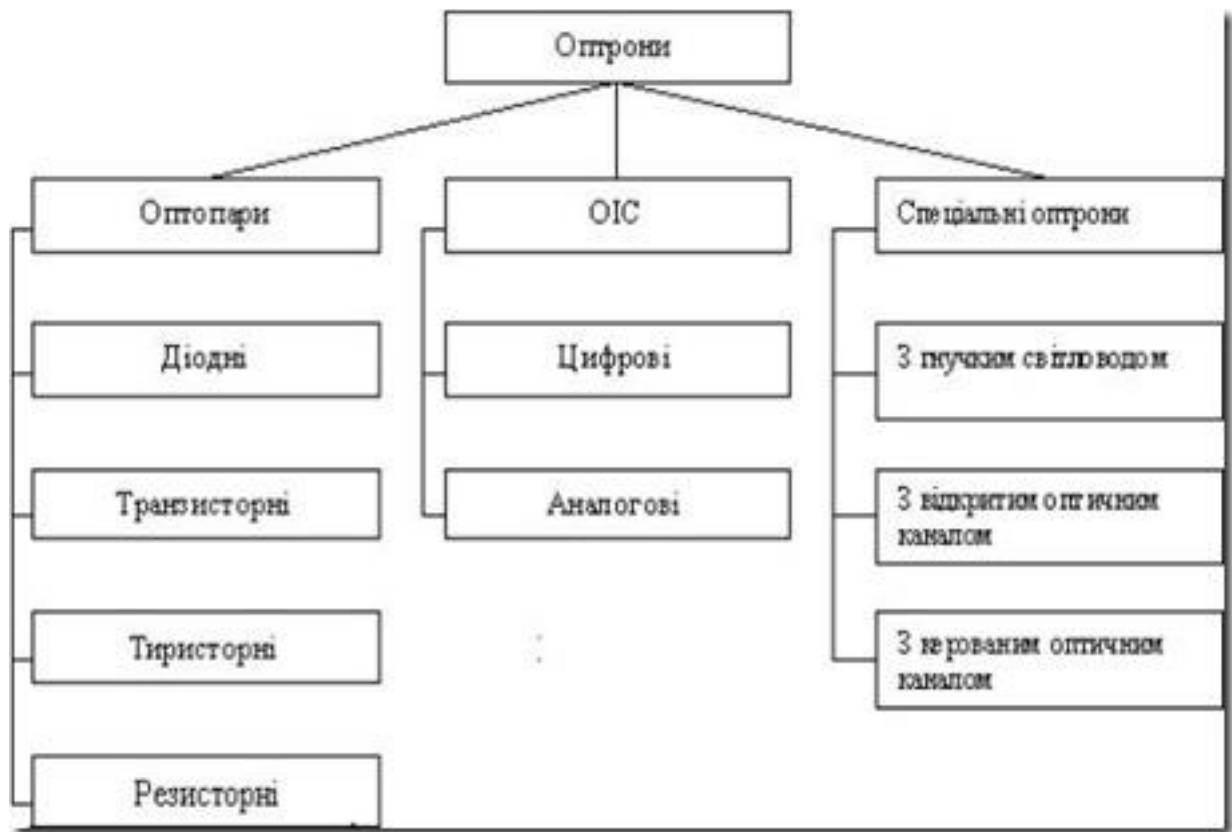


Рис. 2. Класифікація оптронів

Спеціальні оптрони відрізняються від інших приладів побудовою оптичного каналу. В оптронах з гнучким світловодом випромінювання передається оптичним кабелем, в результаті чого джерело та фотоприймач стають віддаленими один від одного на значну відстань. Оптрони з відкритим і керуванням оптичним каналом використовуються як основа для побудови різноманітних датчиків і схем, що перемикаються, наприклад, оптоелектронних безконтактних кнопок.

В теперішній час промисловістю освоєний випуск різних оптопар: резисторних, діодних, транзисторних, тиристорних, із складеним фототранзистором, діодно-транзисторних (рис. 3.).

Як елемент електричного кола елементарний оптрон описується чотирма групами параметрів: входними (номінальний струм $I_{вх\text{ ном}}$, напруга $U_{вх}$, ємність $C_{вх}$); вихідними (максимально припустима пряма $U_{вих\text{ тах}}$, і зворотна $U_{вих\text{ тах}}$ напруги, струм $I_{вих\text{ тах}}$, залишкова напруга $U_{зал}$, ємність $C_{вих}$); передаточними (коефіцієнт передачі за струмом $KI = I_{вих}/I_{вх}$, час зростання вихідного струму $t_{зр}$, затримки $t_{зат}$, вмикання $t_{вм} = t_{зр} + t_{зат}$, вимикання $t_{вим}$ і швидкодія оптрона в режимі перемикання $t_{пер} = t_{вм} + t_{вим}$) і параметрами, що характеризують ізоляцію (максимально припустима напруга між входом та виходом $U_{із}$, опір ізоляції $R_{із}$, і прохідна ємність $C_{пр}$).

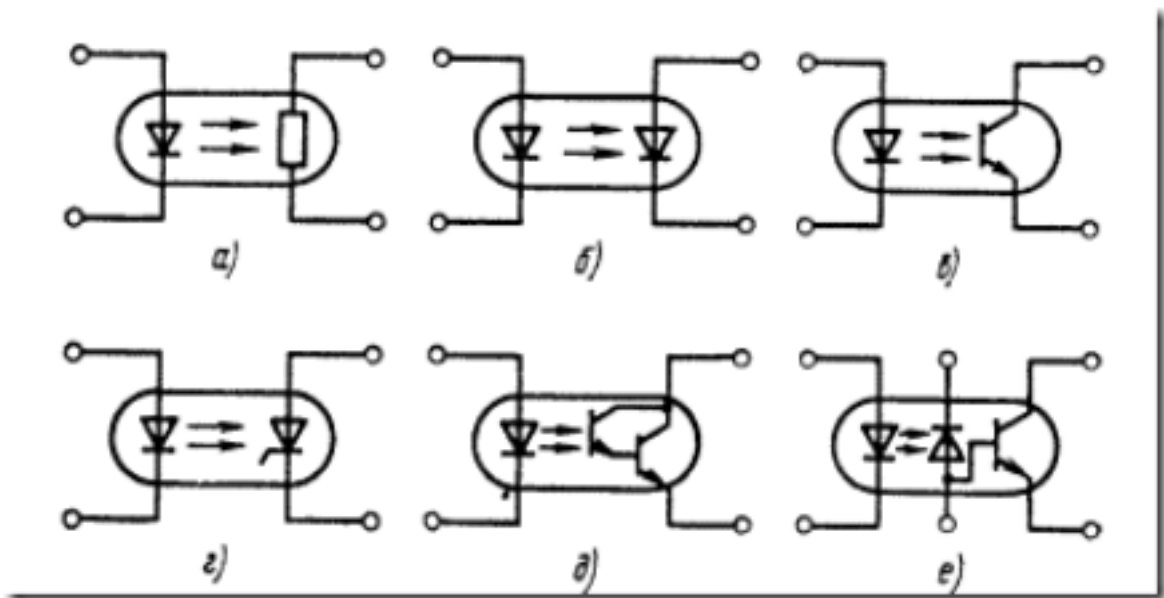


Рис. 3. Схеми резисторної (а), діодної (б), транзисторної (в), тиристорної (г), із складеним транзистором (д) і діодно-транзисторної (е) оптопар

Оптоелектронна інтегральна мікросхема (ОІМС) – це один з найбільш перспективних типів елементів інформаційних систем. Їх переваги визначаються повною електричною і конструктивною сумісністю з традиційними мікросхемами і більш широкими функціональними можливостями. Перші успіхи в розвитку ОІМС були пов'язані зі створенням перемикаючих схем, які забезпечують гальванічну розв'язку електричних кіл. В типовій мікросхемі цього класу в одному корпусі об'єднані діодна оптопара і стандартна ключова електронна схема, в якій замість вхідного багатоеміторного транзистора в базове коло транзистора Т1 під'єднаний фотодіод.

Вихідна напруга такої схеми відповідає типовим для цифрових приладів значенням, що забезпечує повну сумісність ОІМС з іншими мікроелектронними приладами.

Оптоелектронні мікросхеми можуть бути використані і для комутації аналогових сигналів. В ОІМС серії К249КН1, схема якої наведена на рис. 4, оптопари ОД1 і ОД2 працюють в фотовентильному режимі і виконують функції імпульсного трансформатора. Дві оптопари, під'єднані послідовно, при подачі вхідного сигналу генерують ЕРС, достатню для відмикання вихідних транзисторів Т1, Т2.

На основі оптронів легко реалізуються основні логічні операції: кон'юнкція, диз'юнкція, штрих Шеффера, стрілка Пірса і ін.

В оптоелектронній схемі, що виконує функцію логічного множення (рис.5, а), одиничний вихідний сигнал встановлюється в тому випадку, якщо на обидві оптопари надходять одиничні вхідні сигнали, які викликають насичення обох фототранзисторів.

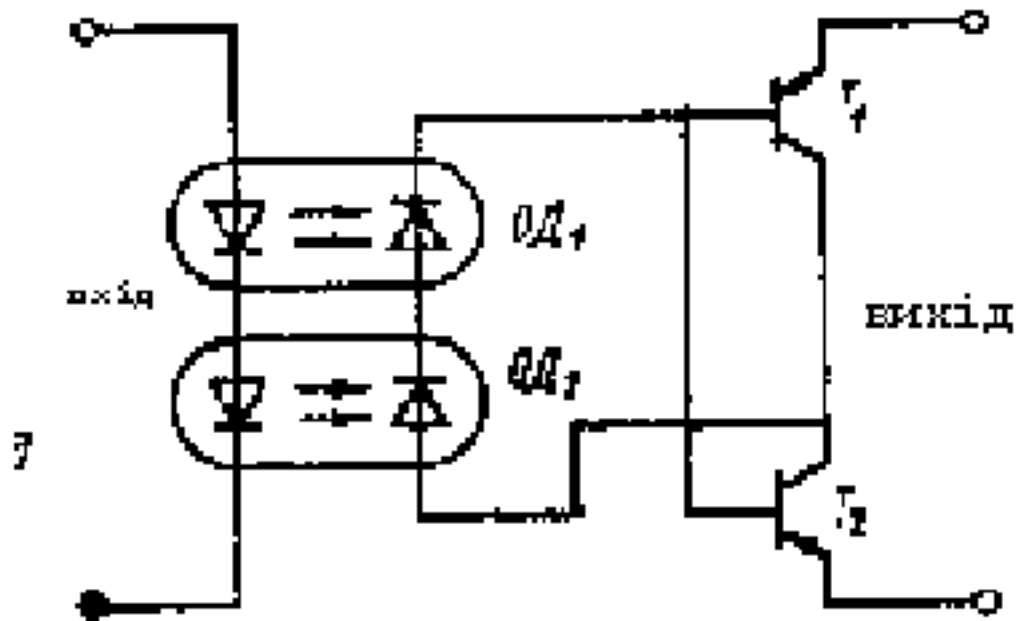


Рис. 4. Оптиелектронний комутатор аналоговий сигналів серії K249KH1

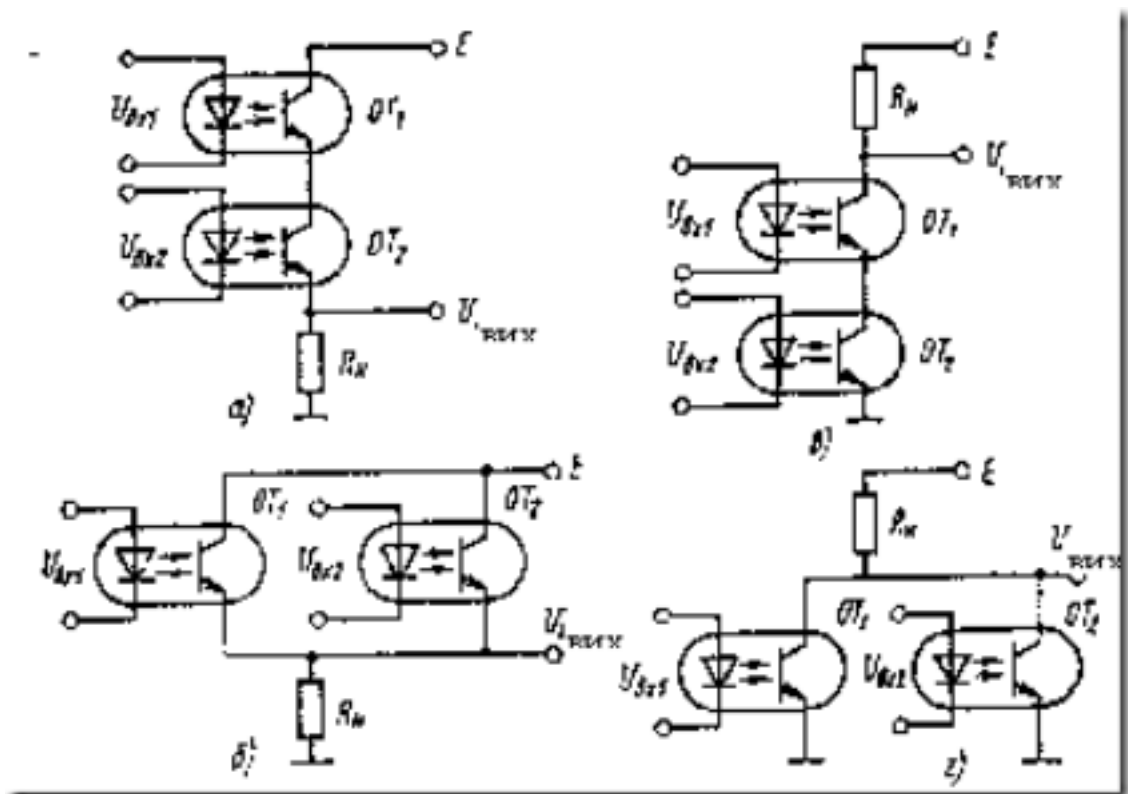


Рис. 5. Оптиелектронні елементи, що реалізують логічні функції кон'юнкції (а) і диз'юнкції (б), штрих Шеффера (в) і стрілку Пірса (г)

Для реалізації логічного додавання дві оптопари під'єднуються паралельно (рис. 5, б). В цій схемі вихідна напруга, близька до живлячої (що відповідає лог. 1), встановлюється при засвіченні хоча б одного з фототранзисторів.

Оптоелектронна схема, наведена на рис. 5, в, реалізує операцію І-НЕ (штрих Шеффера). З аналізу її роботи очевидно, що близька до нуля напруга на виході, тобто лог. 0, можлива лише при одночасному насиченні фототранзисторів OT_1 і OT_2 .

Логічну функцію АБО-НЕ (стрілка Пірса) виконує оптоелектронна схема (рис. 5, г), що містить дві паралельно під'єднані оптопары і опір навантаження R_n . За наявності хоча б одного одиничного вхідного сигналу насичений фототранзистор (OT_1 або OT_2) знизить напругу на виході до значення, відповідного лог. 0.

Використання оптронів дозволяє здійснювати оптичне управління роботою імпульсних пристроїв, таких як блокінг-генератор, очікувальні мультівібратори, тригери.

Введення оптичних зв'язків дозволяє вирішити проблеми електричного стикування різнотипних електронних приладів і пристроїв. Так, для узгодження цифрових елементів на основі транзисторно-транзисторної логіки (ТТЛ) з інтегральними мікросхемами на базі МДП-транзисторів можна використати транзисторну оптопару. Як видно зі схеми (рис. 6), оптрон забезпечує надійне передавання сигналу, хоча напруга живлення каскадів відрізняється як за значенням, так і за знаком ($E_1=E_2=+5V$, $E_3=-15V$).

Врахування переваг і недоліків оптронів і оптоелектронних мікросхем дозволяє визначити такі основні області застосування цих елементів: передавання інформації між пристроями, що не мають електричних зв'язків; отримання і відображення інформації; зберігання, перетворення і передавання інформації; контроль технологічних процесів; заміну електромеханічних виробів (трансформаторів, потенціометрів, реле); створення гальванічно розв'язаних кіл живлення.

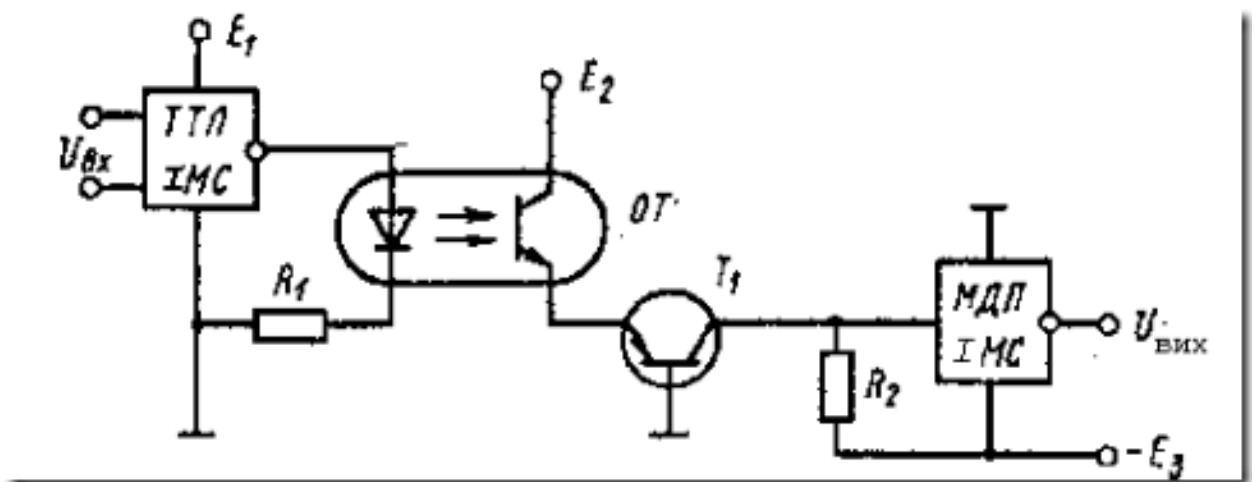


Рис. 6. Схема узгодження ТТЛ-елемента з інтегральною МДП-мікросхемою

Завдання

Схеми, принцип дії, характеристики оптоелектронних перемикачів, комутаторів та реле.