



## Електроніка

### ЕЛЕМЕНТНА БАЗА МІКРОЕЛЕКТРОНІКИ

*National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"*

**Мікроелектроніка** – напрямок електроніки, спрямований на зменшення маси, габаритів та енергоспоживання як окремих елементів, так і електронних виробів у цілому з одночасним підвищенням надійності їх роботи. Досягається це якоюсь мірою шляхом мініатюризації дискретних елементів (резисторів, конденсаторів, дроселів, діодів, транзисторів та ін.), а головним чином – завдяки створенню якісно нової елементної бази, що є вирішальним.

Нова елементна база складається з інтегральних мікросхем і функціональних пристроїв, зв'язаних, в першу чергу, з оптоелектронікою, кріоелектронікою, біоелектронікою тощо.

## Загальні поняття про інтегральні мікросхеми

**Інтегральна мікросхема (ІМС)** – це мікроелектронний виріб, що в об'ємі  $1 \text{ см}^3$  вміщує не менше 5 елементних приладів і являє собою схемну і конструктивну цілісність.

ІМС характеризується *щільністю пакування та ступенем інтеграції*. Щільності пакування відповідає кількість елементів, яка припадає на одиницю об'єму ІМС. Ступінь інтеграції визначається загальною кількістю елементів, що входять до складу ІМС: перший ступінь інтеграції – до 10 елементів, другий – від 10 до 100 елементів, третій – від 100 до 1000 елементів і т.д. За технологією виготовлення розрізняють *гібридні та напівпровідникові ІМС*. Залежно від функціонального призначення всі ІМС діляться на *лінійно-імпульсні та логічні*.

До **лінійно-імпульсних мікросхем** відносять ті ІМС, які забезпечують приблизно пропорційну залежність між вхідними і вихідними сигналами. Як правило, це напруги. Найпростішим прикладом лінійно-імпульсної мікросхеми є широкосмуговий підсилювач. Його коефіцієнт підсилювання  $K \geq 50000$ , верхня межа частоти пропускання досягає 20 МГц.

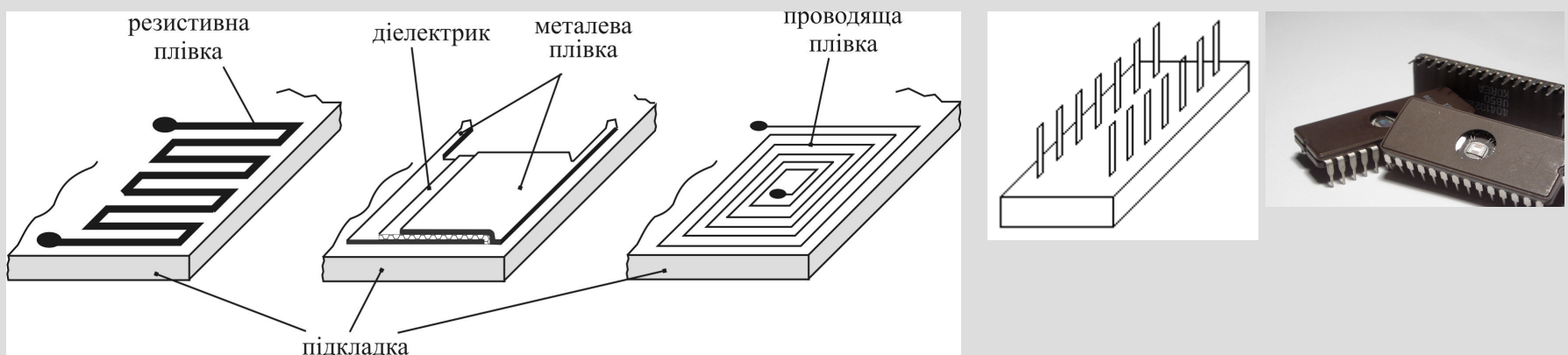
**Логічні ІМС**, у більшості своїй, налічують декілька входів і виходів. При цьому вихідна напруга залежить від наявності чи відсутності напруг на різних входах мікросхеми. Один з головних параметрів логічної ІМС – її швидкодія.

Внаслідок дуже малих розмірів ІМС суттєво зменшується вплив таких паразитних параметрів, як міжелектродні ємності та індуктивності з'єднувальних проводів. Це дозволяє створювати високочастотні підсилювачі на частоти до 3 ГГц і швидкодіючі логічні схеми з затримкою не більше 0,1 нс. Позитивним є також висока економічність ІМС. Рівень енергоспоживання великих ІМС не перевищує 100...200 мВт, а для невеликих може дорівнювати 10...100 мкВт.

## Гібридні інтегральні мікросхеми

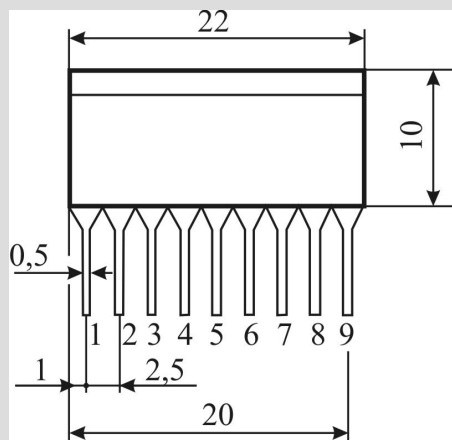
**Гібридна ІМС** являє собою з'єднання, відповідно до електричної схеми, на єдиній діелектричній підкладці (скло, кераміка, ситал або сапфір) безкорпусних активних елементів і пасивних, які утворені шляхом нанесення різного виду плівок на цю підкладку.

Невелика товщина плівок (на рівні 1 мкм) дозволяє створювати резистори різного опору. При цьому використовується незначна частина поверхні підкладки, особливо якщо резистивна плівка розташовується у вигляді меандру (рис. 6.1, а). Опір таких резисторів може досягати сотень кОм



Компоненти гібридних ІМС на плівковій основі: (а) – резистор; (б) – конденсатор; (в) – індуктивність

Гібридна мікросхема  
в  
корпусі з  
позначенням  
геометричних  
параметрів у мм



Безкорпусні напівпровідникові прилади і навісні елементи приклеєні у визначених місцях до підкладки, з'єднані з елементами плівкової схеми, і всі разом розміщені в герметичному корпусі з належною кількістю виводів. Щільність пакування гібридних ІМС є невеликою, до 150 ел/см<sup>3</sup>. Ступінь інтеграції – перший, другий. Але кожен з елементів електричної схеми чітко визначений, і тому можна забезпечити близьке значення його параметрів до потрібних.

## Напівпровідникові інтегральні мікросхеми

Напівпровідникова ІМС являє собою єдиний кристал напівпровідника, окремі (локальні) ділянки якого виконують функції активних і пасивних елементів, з'єднаних між собою

*Транзистори* в напівпровідникових ІМС можуть бути як польові, так і біполярні, зазвичай *n-p-n*-типу.

*Діоди* утворюються або як звичайні двошарові структури з одним *p-n*-переходом, або шляхом діодного вмикання транзисторів .

Роль *конденсаторів* у напівпровідникових ІМС виконують на *p-n*-переходи, заперті зворотною постійною напругою.

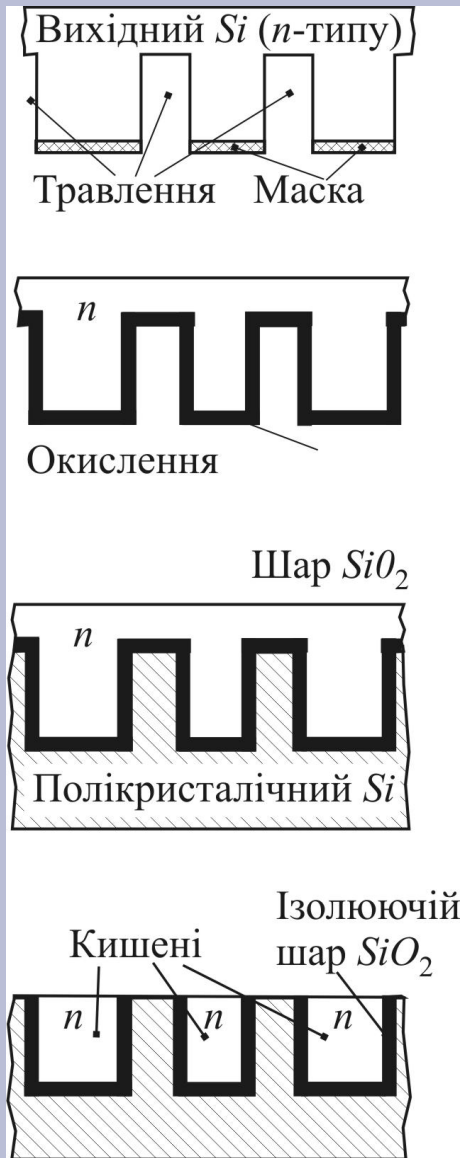
Резистори напівпровідникових ІМС утворюються шляхом відокремлення ділянки легованого напівпровідника і приєднанням до неї двох виводів.

У напівпровідникових ІМС досить складно утворювати *дроселі*, тому до складу більшості напівпровідникових мікросхем індуктивні елементи не входять.

Усі перелічені елементи мікросхеми створюються в кристалі під час єдиного технологічного циклу.

Ізоляція окремих елементів здійснюється або закритими *p-n*-переходами, або за допомогою ізоляційної плівки з двоокису кремнію  $\text{SiO}_2$ . Останній спосіб є більш доцільним, тому що дозволяє до мінімуму звести відстань між сусідніми елементами схеми, у той час як використання закритих *p-n*-переходів потребує проміжку не менше 20...30 мкм, що не дозволяє створювати напівпровідникові ІМС високого ступеня інтеграції.

## Напівпровідникова ІМС: послідовність утворення ізольованих ділянок (“кишень”) у пластині кремнію



Спочатку на пластину легованого кремнію методом фотолітографії наносять захисну маску і проводять вибіркоче витравлювання кристала.

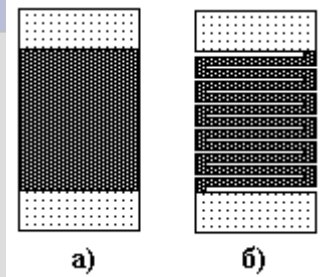
Потім маску змивають, пластина кремнію окислюється при температурі 800...1200 °С у середовищі кисню або насиченої водяної пари. На поверхні кремнію утворюється плівка окису  $SiO_2$  товщиною від 0,1 до 2 мкм, на яку напиляється або нарощується шар полікристалічного кремнію.

Після повторного витравлювання первинного кристала залишаються ізольовані області кремнію *n*-типу, так звані “кишені”.

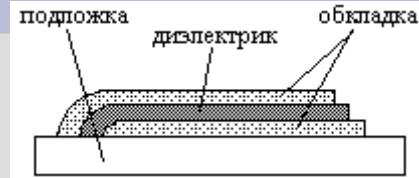
Шляхом послідовного накладення відповідних масок і дифузії при температурі 800...1250 °С акцепторних і донорських домішок, розчинених у газовому середовищі, в кишнях утворюються потрібні ділянки з електропровідністю *p*- і *n*-типів. Таким чином кожна кишень стає елементом інтегральної мікросхеми, які з'єднуються між собою після вакуумного напилювання крізь маску відповідних провідникових плівок

## Елементи гібридних інтегральних мікросхем

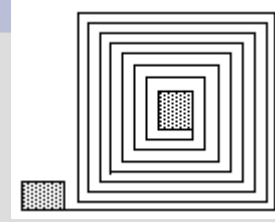
РЕЗИСТОР



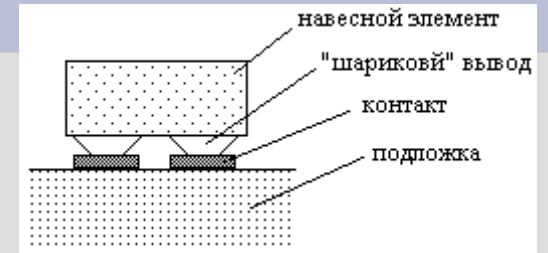
КОНДЕНСАТОР



ІДУКТИВНІСТЬ

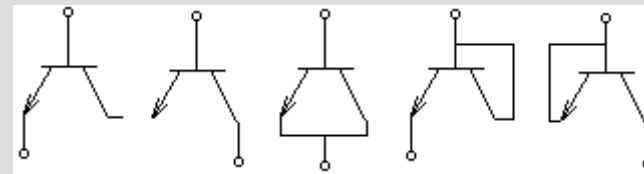
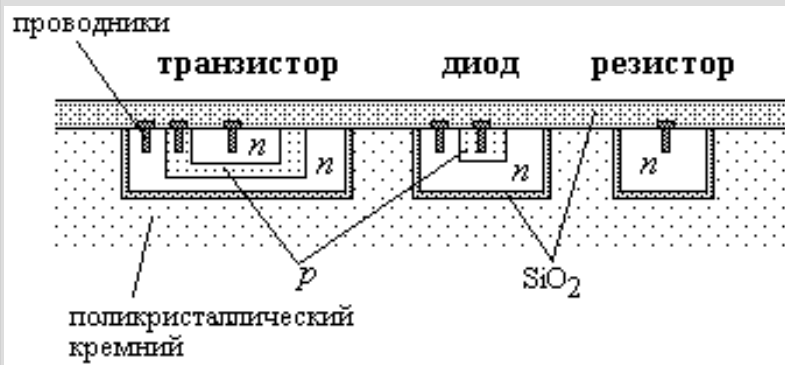


Навісні елементи

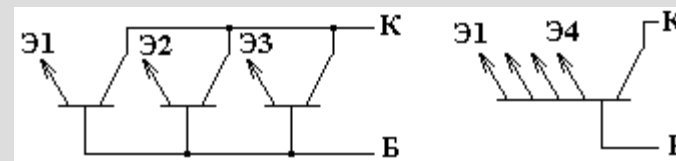


## Елементи напівпровідникових інтегральних мікросхем

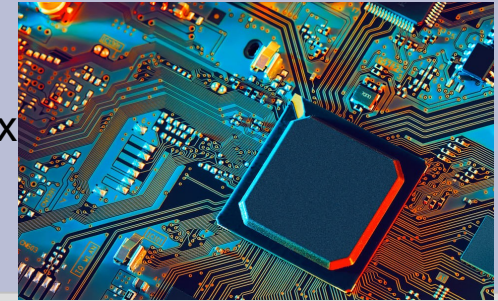
Транзистори в діодному виконанні (ці діоди характеризуються різними швидкодією та пробивною напругою)



Багатоємітерний транзистор

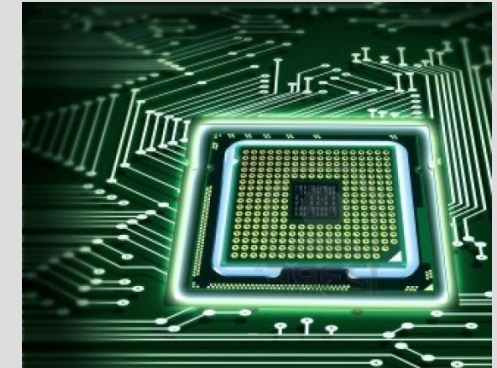


**Комп'ютерний чіп** - це невелика пластина з напівпровідникового матеріалу, де створена інтегральна схема. Вона містить до мільярдів мініатюрних електронних компонентів – транзисторів, конденсаторів, резисторів. Ці елементи з'єднані між собою та виконують задані функції обробки та передачі даних.



Сучасний чіп включає наступні ключові компоненти:

1. Напівпровідникова підкладка - основа чіпа з кремнію
2. Транзистори - виконують операції обробки сигналів
3. З'єднувальні провідники - передають сигнали між транзисторами
4. Контактні майданчики - для підключення чіпа до зовнішніх пристроїв



Основні етапи створення комп'ютерного чіпа:

1. Виготовлення напівпровідникової пластини.
2. Нанесення шарів провідних, діелектричних та напівпровідникових матеріалів
3. Фотолітографія - "проекція" малюнка майбутніх транзисторів та провідників
4. Травлення - видалення зайвих ділянок поверхні чіпа
5. Металізація - створення провідних з'єднань між транзисторами
6. Складання в корпус.

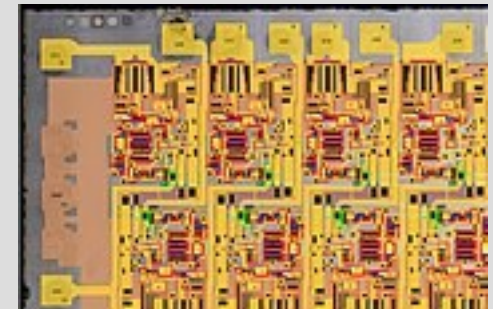
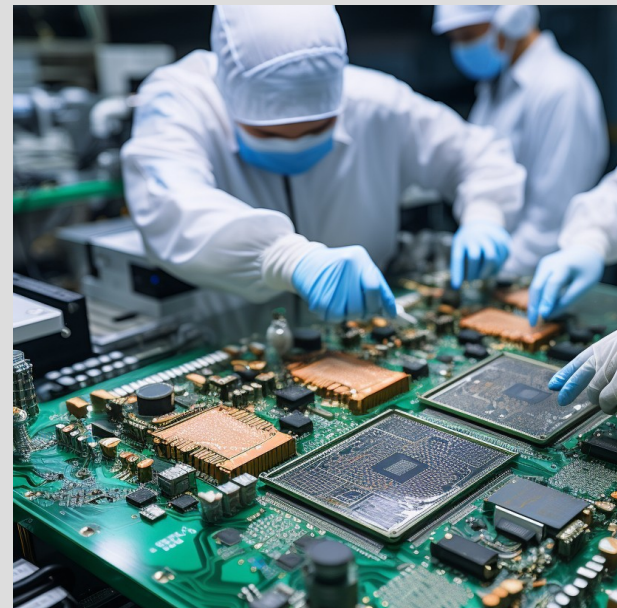
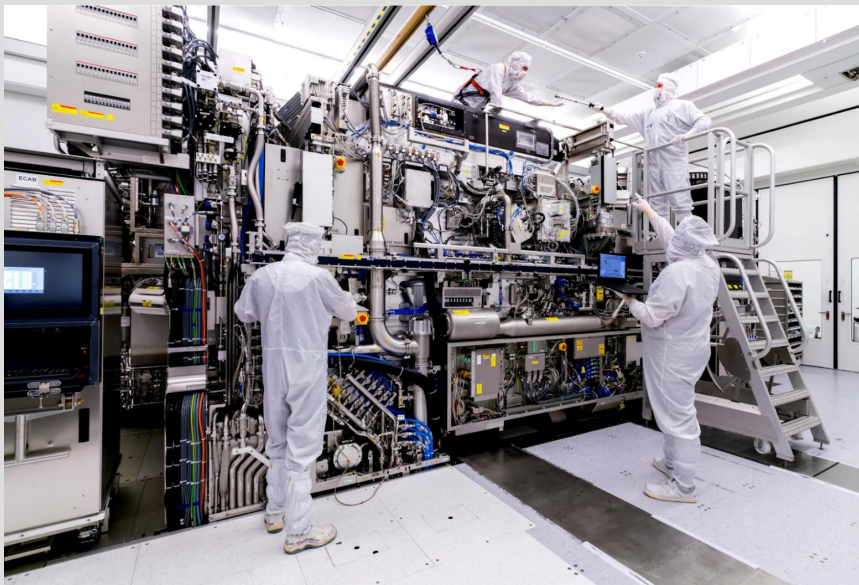


Рисунок с описанием кристалла одной из микросхем Fairchild

Сучасні чіпи проектується з використанням фотолітографії з глибиною фокусу в ультрафіолетовому діапазоні та мають топологічні норми близько 10 нм.

## Загальний вигляд цехів по виготовленню мікросхем



# ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРО МІКРОПРОЦЕСОРНУ ТЕХНІКУ

## Загальні відомості про мікропроцесори

**Мікропроцесори (МП)** – це пристрої, які виконують функції програмної обробки інформації, включаючи її введення і виведення, прийняття рішень, арифметичні та логічні операції, і реалізуються вони з використанням технології мікросхем великого ступеня інтеграції.

**Мікропроцесор** фактично це програмно-керований електронний цифровий пристрій, призначений для обробки цифрової інформації та управління процесом цієї обробки, виконаний на одній або кількох інтегральних схемах з високим ступенем інтеграції електронних елементів.

**Мікропроцесор** - це інтегральна схема, сформована на невеликому кристалі кремнію. Провідністю кремнія можна керувати шляхом введення домішок.

**Сучасні мікропроцесори** – це найшвидші та найрозумніші мікросхеми у світі. Вони можуть здійснювати до 4 млрд. операцій на секунду і виробляються з безлічі різних технологій. З початку 90-х років ХХ століття, коли процесори пішли у масове використання, вони пережили кілька щаблів розвитку.

Апогеєм розвитку мікропроцесорних структур, що використовують існуючі технології мікропроцесорів 6-го покоління, вважається 2002 рік, коли стало доступним використання всіх основних властивостей кремнію для отримання більших частот за найменших втрат при виробництві та створенні логічних схем. Зараз ефективність нових процесорів дещо падає незважаючи на постійне зростання частоти роботи кристалів, оскільки кремнієві технології наближаються до межі своїх можливостей.

**Виготовлення** мікропроцесора - це найскладніший процес, що включає понад 300 етапів. Мікропроцесори формуються на поверхні тонких кругових пластин кремнію - підкладках, внаслідок певної послідовності різних процесів обробки з використанням хімічних препаратів, газів та ультрафіолетового випромінювання.

**Мікропроцесор** містить мільйони транзисторів, з'єднаних між собою найтоншими провідниками з алюмінію або міді та використовуваних для обробки даних. Так формуються **внутрішні шини**. В результаті мікропроцесор виконує безліч функцій – від математичних та логічних операцій до керування роботою інших мікросхем та всього комп'ютера.

Один із головних параметрів роботи процесора – **частота роботи кристала**, що визначає кількість операцій за одиницю часу, частота роботи системної шини, обсяг внутрішньої кеш-пам'яті SRAM. За частотою роботи кристала маркують процесор. Частота роботи кристала визначається швидкістю перемикачів транзисторів із закритого стану у відкритий.

Усі сучасні процесори використовують **польові транзистори**. Перехід до нового техпроцесу дозволяє створювати транзистори з більшою частотою перемикачів, меншими струмами витоку, менших розмірів. Зниження розмірів дозволяє одночасно зменшити площу кристала, а значить і тепловиділення, а тонший затвор дозволяє подавати меншу напругу для перемикачів, що також знижує енергоспоживання та тепловиділення.

Можливість транзистора перемикатися швидше визначається технологією виробництва кремнієвих пластин. Технологічний процес визначає розміри транзистора (його товщину та довжину затвора). Наприклад, при використанні 90-нм техпроцесу, який було запроваджено на початку 2004 року, розмір транзистора становить 90 нм, а довжина затвора – 50 нм.

## Функції мікропроцесора

- Обчислення адрес команд і операндів;
- вибірка та дешифрація команд із основної пам'яті;
- вибірка даних з основної пам'яті, регістрів мікропроцесорної пам'яті та регістрів адаптерів зовнішніх пристроїв;
- прийом та обробка запитів та команд від адаптерів на обслуговування зовнішніх пристроїв;
- обробка даних та їх запис в основну пам'ять, регістри мікропроцесорної пам'яті та регістри адаптерів зовнішніх пристроїв;
- вироблення керуючих сигналів для всіх інших вузлів і блоків ПК;
- верехід до наступної команди.

**Операнд** (англ. *operand*) у мовах програмування - аргумент операції; дані, що обробляються командою.

**Адаптери** зовнішніх пристроїв – спеціальні пристрої, що дозволяють з'єднувати та комунікувати між собою електронні пристрої різних типів.

**Регістр** (цифрова техніка) — послідовний чи паралельний логічний пристрій, що використовується для зберігання  $n$ -розрядних двійкових чисел та виконання перетворень над ними.

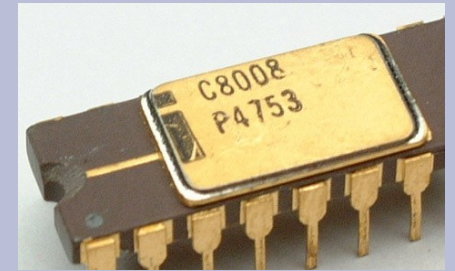
**Регістр процесора** — надшвидка пам'ять усередині процесора, призначена для зберігання адрес та проміжних результатів обчислень (регістр загального призначення/регістр даних) або даних, необхідних для роботи самого процесора.

За кількістю великих інтегральних схем (ВІС) у мікропроцесорному комплекті розрізняють мікропроцесори однокристальні, багатокристальні та багатокристальні секційні.

## Історична довідка

На початку 70-х було розроблено перший 8-бітовий центральний процесор **Intel 8008**.

Він містив 3500 транзисторів. Об'єм пам'яті був 16 Кб. Розрядність шини була 8-бітна. Процесор міг звернутися до 8 портів введення та 24 портів виведення.



У 1982 році було випущено 16-бітовий x86-сумісний мікропроцесор другого покоління **Intel 80286**. У захищеному режимі ємність адресного простору могла становити до 1 Гб за рахунок зміни механізму адресації пам'яті.

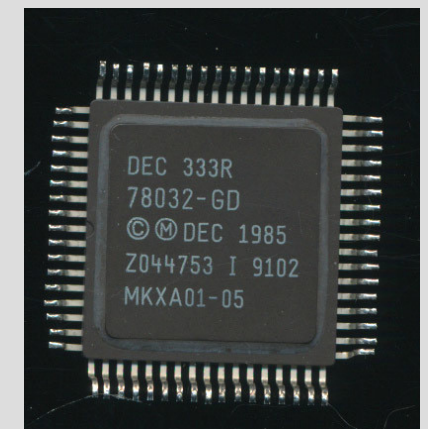
Він випускався з кількістю транзисторів 134 000 штук. Об'єм оперативної пам'яті становив 16 Мб, а захищеному режимі можна було використовувати до 1 Гб віртуальної пам'яті. Розрядність регістрів та шини даних становила 16-біт. Залежно від моделі тактова частота могла бути 6 МГц, 8 МГц, 10 МГц або 12,5 МГц (при 12,5 МГц процесор виконував не менше 2,66 млн операцій на секунду).



У період з 80-х по 90-ті компанія DEC випустила цілу серію 32-бітових процесорів, які базувалися на власній архітектурі VAX (32-бітна комп'ютерна архітектура, розроблена Digital Equipment Corporation в рамках проекту Star).

Першим у серії був MicroVAX 78032. Він містив 125 тисяч транзисторів, працював на частоті 5 МГц.

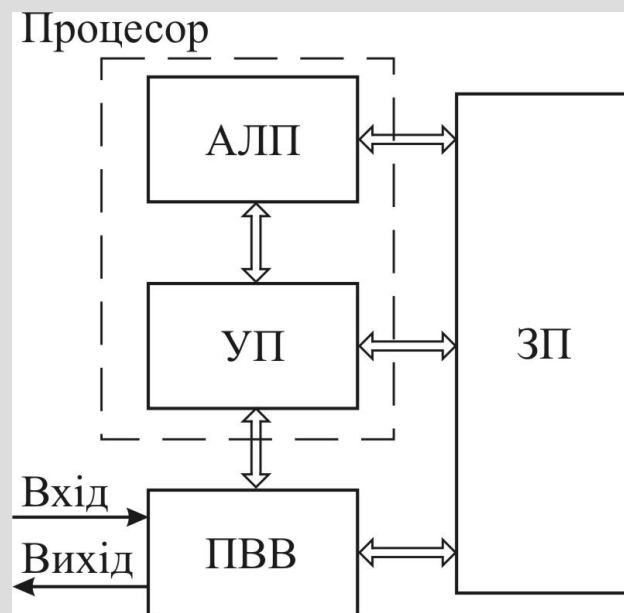
У 1987 був представлений чіпсет CVAX, тактова частота якого становила 12,5 МГц.



DEC VAX

## Структура мікропроцесора

**Мікропроцесор** – це інтегральна схема, яка виконує основні обчислювальні операції у комп'ютері. Він складається з кількох основних компонентів, кожен із яких виконує певні функції. **Мікропроцесорна система** являє собою невелику ЕОМ, у якій можна виділити чотири основних пристрої: 1) арифметико-логічний, 2) керувальний, 3) запам'ятовувальний та 4) пристрій введення-виведення інформації, який звичайно називається периферійним .



Структурна схема  
мікропроцесорної системи

**Арифметико-логічний пристрій (АЛП)** застосовується для виконання арифметичних і логічних операцій над числами, поданими в двійковому коді.

**Керувальний пристрій (УП)** керує роботою АЛП та інших пристроїв мікропроцесорної системи за спеціальними командами, порядок виконання яких визначається заданою програмою.

**Запам'ятовувальний пристрій (ЗП)**, або пам'ять, призначається для зберігання програм обробки та тієї інформації (даних), яка обробляється.

**Пристрої введення-виведення (ПВВ)** інформації, або периферійні пристрої, застосовуються для приведення вхідної інформації до вигляду, який вимагається для введення в мікропроцесорну систему і виведення результатів переробки інформації в належному вигляді, наприклад, послідовності чисел, таблиць, графіків.

АЛП, тісно взаємодіючи з УП, створюють єдине ціле – **центральний процесор**, або скорочено процесор (від англ. *to process* – обробляти). Таким чином, *процесор* являє собою пристрій, призначений для автоматичної обробки інформації за заданою програмою.

Сучасна інтегральна технологія дозволяє виконувати елементи процесора у вигляді однієї або декількох великих інтегральних схем. Такі процесори отримали назву *мікропроцесорів*.

За призначенням МП поділяються на універсальні (загального призначення) і спеціалізовані. Універсальні МП використовуються для розв'язання різних задач і входять до складу ЕОМ широкого призначення. Спеціалізовані МП застосовуються для розв'язання конкретної задачі за певною програмою.

Мікропроцесор, сумісні з ним постійний (ПЗП) і оперативний (ОЗП) запам'ятовувальні пристрої, а також велика інтегральна схема допоміжного призначення, що забезпечує сполучення МП з ПЗП, ОЗП і ПВВ, створюють **мікропроцесорний комплект**.

За конструктивною ознакою МП поділяються на однокристальні і багатокристальні. У багатокристальному МП його складові за ознакою функцій, що виконуються, і за ознакою розрядності розміщуються у різних кристалах. В однокристальних МП в одному кристалі виготовляються всі складові частини мікропроцесора. У мікроЕОМ в одному кристалі напівпровідника, крім МП, містяться генератор тактових імпульсів (таймер), пристрій керування ПВВ, невеликі ОЗП і ПЗП.

Будь-який МП оперує словами, що являють собою послідовність символів певної довжини: 4, 8, 12, 16 і 32 біт, або розрядів. Група бітів, яку спроможна обробляти ЕОМ за один крок роботи, створює машинне слово. Довжина машинного слова визначається числом розрядів одного регістра пам'яті ЕОМ.

Для мікропроцесорної техніки одним з основних понять є **байт** – восьмибітове слово, що використовується для обміну цифровою інформацією між вузлами мікропроцесорної системи. У байтах виражають довжину слів і ємність запам'ятовувального пристрою.

**Ядро процесора** є основним обчислювальним блоком мікропроцесора. Воно містить арифметико-логічний пристрій (АЛП), який виконує математичні операції, такі як додавання, віднімання, множення та поділ, а також логічні операції, такі як І, АБО, НІ. Ядро процесора також містить регістри, які використовуються для зберігання даних та адрес пам'яті.

**Кеш-пам'ять** – це швидка пам'ять, яка використовується для тимчасового зберігання даних, до яких процесор звертається найчастіше. Кеш-пам'ять допомагає прискорити доступ до даних та зменшити затримки, пов'язані зі зверненням до основної оперативної пам'яті.

**Керівний пристрій (УП)** контролює роботу мікропроцесора та координує виконання інструкцій. Вона отримує інструкції з пам'яті, декодує їх та керує виконанням відповідних операцій. **УП** також відповідає за керування потоком даних та керування зовнішніми пристроями.

**Шина даних** – це канал зв'язку, яким дані передаються між різними компонентами мікропроцесора. Шина даних може бути односпрямованою або двоспрямованою і може мати різну ширину, що визначає кількість біт, які можуть бути передані одночасно.

**Шина адреси** – це канал зв'язку, яким процесор відправляє адреси пам'яті чи зовнішніх пристроїв. Шина адреси визначає максимальну кількість адрес, які можуть бути оброблені мікропроцесором.

**Регістри** – це невеликі пам'яті всередині мікропроцесора, які використовуються для зберігання даних та адрес. Регістри забезпечують швидкий доступ до даних та прискорюють виконання операцій.

Всі ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити виконання обчислювальних операцій та керування роботою комп'ютера. Кожен компонент виконує свою специфічну функцію, та їх взаємодія забезпечує роботу мікропроцесора.

# Принцип роботи мікропроцесора

Мікропроцесор – це інтегральна схема, яка виконує арифметичні, логічні та керуючі операції у комп'ютері. Він є “мозком” комп'ютера та відповідає за виконання всіх обчислень та керування роботою системи.

## Інструкції та команди

Мікропроцесор працює за принципом виконання інструкцій, які задаються програмою. Інструкції – це команди, які вказують мікропроцесору, які операції необхідно виконати. Кожна інструкція складається з опкода (операційного коду) та операндів (даних, над якими потрібно виконати операцію).

## Цикл виконання інструкцій

Мікропроцесор виконує інструкції у циклі. Спочатку він зчитує інструкцію з пам'яті, потім декодує її, визначає яку операцію потрібно виконати, і отримує операнди з регістрів або пам'яті. Потім мікропроцесор виконує операцію та зберігає результат у регістр або пам'ять.

## Арифметичні та логічні операції

Мікропроцесор може виконувати різні арифметичні та логічні операції, такі як додавання, віднімання, множення, поділ, логічне І, логічне АБО та ін. Він використовує арифметично-логічний пристрій (АЛП), який виконує ці операції.

## Управління виконанням програми

Мікропроцесор також відповідає за керування виконанням програми. Він може переходити до інших вказівок у програмі, залежно від умов, заданих в інструкції. Наприклад, він може виконати умовний перехід, якщо певна умова є істинною, або виконати цикл, доки певна умова не буде виконана.

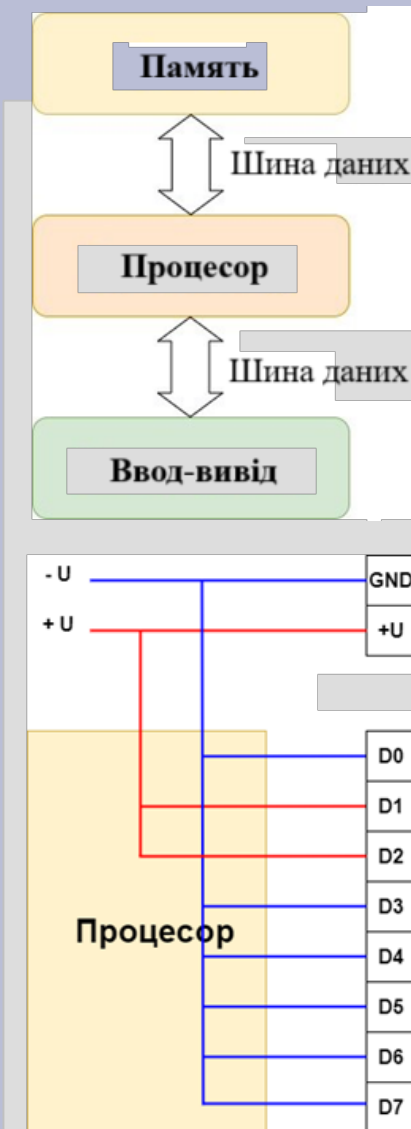
## Ввід вивід

Мікропроцесор також забезпечує взаємодію із зовнішніми пристроями вводу-виводу, такими як клавіатура, миша, монітор та ін. Він може зчитувати дані з пристроїв введення, обробляти їх та виводити результати на пристрої виведення.

Всі ці операції виконуються всередині мікропроцесора з використанням його компонентів, таких як регістри, АЛП, пристрої керування та ін. Принцип роботи мікропроцесора заснований на виконанні інструкцій, обробці даних та керуванні виконанням програми.

## Робота мікропроцесорної системи

В мікропроцесорній системі є три основні її складові: 1) процесор, 2) пам'ять та 3) пристрій введення-виведення. Ці частини системи взаємодіють між собою через шину даних. Через шину даних цифрові сигнали передаються від процесора до пам'яті і назад, і навіть від процесора до пристроїв вводу-виводу і назад.



**Шина даних** – частина системної шини, яка призначена передачі даних між компонентами комп'ютера.

Шина даних у “залізі” - це набір із кількох провідників, якими передаються електричні сигнали. У випадку наявності напруги на дроті (на вході чи виході) - це логічна одиниця, а відсутність напруги - це логічний нуль. Рівні сигналів на шині не можуть набувати якихось проміжних значень. Наприклад, якщо напруга живлення 5 Вольт, то одиницею буде +5В, а нулем – 0В.

Основною характеристикою шини даних є її ширина у бітах. Ширина шини даних визначає кількість інформації, яку можна передати за один такт.

Якщо шина даних 8-розрядна, вона має 8 провідників.

У цьому випадку, наприклад, при записі в пам'ять числа, виводи D1 і D2 шини даних повинні бути подані сигнали логічної одиниці, а на інші висновки - нулі. Тому що число 6 у двійковому вигляді виглядає так:

**D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0**

**0 0 0 0 0 1 1 0**

**D0** - це молодший розряд (молодший біт), при записі двійкового числа він розташовується як крайній праворуч.

**D7** - це старший розряд (старший біт), при записі двійкового числа він розташовується як крайній ліворуч.

В мікропроцесорі є спеціальні елементи, які можуть перемикаєти сигнали з нуля на одиницю та навпаки.

Десяткова	Двійкова
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

## Класифікація мікропроцесорів

**Мікропроцесори**, що випускаються, діляться на окремі класи відповідно до їх архітектури, структури та функціонального призначення.

**Мікропроцесори загального призначення** призначені на вирішення широкого кола завдань обробки різноманітної інформації. Їхньою основною сферою використання є персональні комп'ютери, робочі станції, сервери та інші цифрові системи масового застосування.

**Спеціалізовані мікропроцесори** спрямовані рішення специфічних завдань управління різними об'єктами. Містять додаткові мікросхеми (інтерфейси), що забезпечують спеціалізоване застосування. Мають спеціальну конструкцію, підвищену надійність.

**Мікроконтролери** є спеціалізованими мікропроцесорами, які орієнтовані на реалізацію пристроїв управління, що вбудовуються в різноманітну апаратуру. Характерною особливістю структури мікроконтролерів є розміщення на одному кристалі із центральним процесором внутрішньої пам'яті та великого набору периферійних пристроїв.

**Цифрові процесори сигналів (ЦПС)** представляють клас спеціалізованих мікропроцесорів, орієнтованих на цифрову обробку аналогових сигналів, що надходять. Специфічною особливістю алгоритмів обробки аналогових сигналів є необхідність послідовного виконання ряду команд множення-складання з накопиченням проміжного результату в регістрі-акумуляторі. Тому архітектура ЦПС спрямована на реалізацію швидкого виконання таких операцій. Набір команд цих процесорів містить спеціальні команди MAC (Multiplication with Accumulation), що реалізують ці операції.

**Архітектурою процесора** називається комплекс його апаратних та програмних засобів, що надаються користувачеві. У це загальне поняття входить набір програмно-доступних регістрів і виконавчих (операційних) пристроїв, система основних команд і способів адресації, обсяг і структура пам'яті, що адресується, види і способи обробки переривань.

Склад пристроїв і блоків, що входять до структури мікропроцесора, та механізми їх взаємодії, що реалізуються, визначаються функціональним призначенням і областю застосування мікропроцесора.

**Калькулятор** може бути корисною складовою частиною керувальної або обчислювальної системи. Однак його використання обмежене діапазоном виконуваних арифметичних операцій.

**МікроЕОМ** виконують великий набір операцій, мають чималий комплект периферійного обладнання і тому широко використовуються в різних галузях народного господарства.

## Структурна схема програмованого калькулятора



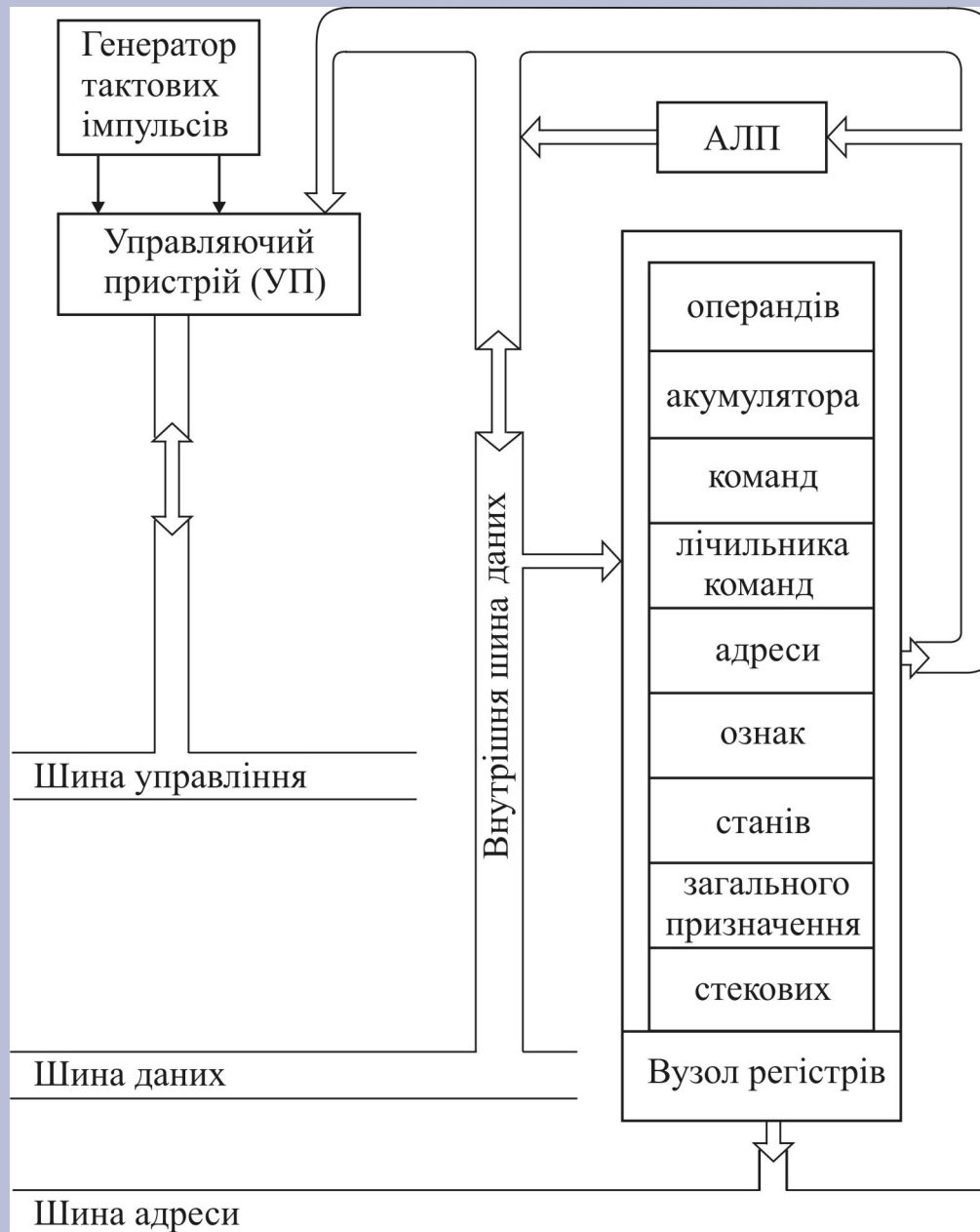
*Програмований калькулятор* містить дві області пам'яті: одну – для зберігання даних (початкових і результатів проміжних обчислень), іншу – для запису програми, тобто послідовності керуючих команд або операцій, які необхідно виконати над даними. Інформаційна ємність пам'яті може бути обрана оптимальною для даної задачі.

Програма вводиться з клавіатури через шифратор і керувальних пристрій у пам'ять програми, а вхідні дані – в пам'ять даних. У режимі виконання програми, який задається з клавіатури, коди команд послідовно вибираються з пам'яті програми і надходять у керувальний пристрій.

На основі цих кодів керувальний пристрій виробляє сигнали керування, які, надходячи на різні пристрої калькулятора, забезпечують виконання записаної програми.

**Шифратор** - це комбінаційний пристрій, що перетворює десяткові числа в двійкову систему числення, причому кожному входу може бути поставлене у відповідність десяткове число, а набір вихідних логічних сигналів відповідає певному двійковому коду. Шифратор іноді називають "кодером" (від англ. Coder) і використовують, наприклад, для перекладу десяткових чисел, набраних на клавіатурі кнопочового пульта управління, в двійкові числа.

## Структура мікропроцесора



Мікропроцесор містить три основні вузли: АЛП, УП і вузол реєстрів.

Для зв'язку між цими вузлами використовується внутрішня шина даних. Вона складається з восьми ліній (для восьмирозрядного МП), якими передаються 8-розрядні слова (байти) і командна інформація. Передача слів по внутрішній шині даних здійснюється в обох напрямках, але в різні часові інтервали, які не перетинаються.

Основна частина, або ядро, МП – це АЛП, який здійснює обробку даних. Типові операції АЛП: додавання, віднімання, логічне додавання (АБО), логічне множення (І), додавання за модулем 2 (ВИКЛЮЧАЮЧЕ “АБО”), інверсія, зсув, пересилка. Звичайно АЛП має два входи, які називаються вхідними портами, й один вихід, або вихідний порт.

Дані на вхідні порти АЛП надходять з внутрішньої шини даних або зі спеціального реєстра, який називається акумулятором, через буферні реєстри, або реєстри операндів, призначені для тимчасового зберігання даних.

## МікроЕОМ



**Прості калькулятори** призначаються для проведення найпростіших обчислювань. Вони можуть обробляти, враховуючи незначну інформаційну ємність запам'ятовувального пристрою, тільки обмежену множину чисел.

*Непрограмований простий калькулятор* містить два реєстри: вхідний та акумулятор.

Арифметичні операції виконуються в арифметичному пристрої над числами, які надходять з цих двох реєстрів.

Результати зберігаються в акумуляторі, вміст якого можна подати на пристрій відображення.

Клавіатура забезпечує можливість уведення чисел та символів операцій, тобто команд, які повинні бути виконані над заданими числами.

## Тенденції розвитку мікропроцесорної техніки

Мікропроцесорна техніка постійно розвивається та вдосконалюється, щоб задовольнити дедалі вищі вимоги сучасного світу. Ось деякі з основних тенденцій розвитку мікропроцесорної техніки:

### **Збільшення продуктивності**

Однією з основних тенденцій розвитку мікропроцесорної техніки є постійне збільшення продуктивності. Виробники постійно працюють над збільшенням тактової частоти процесорів, покращенням архітектури та оптимізацією роботи пристроїв. Це дозволяє створювати більш потужні та швидкі комп'ютери та пристрої.

### **Зменшення розмірів**

Ще однією важливою тенденцією розвитку мікропроцесорної техніки є зменшення розмірів процесорів. З кожним новим поколінням процесорів, їх розміри стають дедалі меншими, що дозволяє створювати більш компактні та портативні пристрої. Це особливо важливо для мобільних пристроїв, таких як смартфони та планшети.

### **Енергоефективність**

Сучасні мікропроцесори також прагнуть бути більш енергоефективними. Виробники розробляють нові технології та архітектури, які дозволяють знизити енергоспоживання процесорів, зберігаючи при цьому високу продуктивність. Це особливо важливо для мобільних пристроїв, які мають працювати на акумуляторі.

### **Інтеграція функцій**

Сучасні мікропроцесори дедалі більше інтегрують різні функції одному чіпі. Наприклад, крім основних обчислювальних функцій, можуть включати графічний процесор, контролери пам'яті, мережні інтерфейси та інші компоненти. Це дозволяє створювати більш компактні та ефективні системи.

### **Паралельні обчислення**

З розвитком мікропроцесорної техніки дедалі більшої популярності набувають паралельні обчислення. Сучасні процесори можуть мати кілька ядер, які можуть працювати паралельно та виконувати кілька завдань одночасно. Це дозволяє збільшити продуктивність та ефективність роботи пристроїв.

## Майбутні технології виробництва мікропроцесорів

Існуючі МОП-транзистори мають багато обмежень і не дозволять у найближчому майбутньому піднімати частоти процесорів.

Наприкінці 2003 року на Токійській конференції фахівці **Intel** зробили дуже важливу заяву про створення нових матеріалів для напівпровідникових транзисторів майбутнього. Насамперед, мова йде про новий діелектрик затвора транзистора з високою діелектричною проникністю (так званий «**high-k**»-матеріал), який застосовуватиметься замість діоксиду кремнію ( $\text{SiO}_2$ ), а також про нові металеві сплави, сумісні з новим діелектриком затвора.

Рішення, запропоноване дослідниками, знижує струм витоку в 100 разів, що дозволяє впритул підійти до впровадження виробничого процесу з проектною нормою 45 нанометрів. Воно розглядається експертами як маленька революція у світі мікроелектронних технологій.

В лабораторіях **корпорації Intel** розробили спеціальний матеріал, що дозволяє замінити традиційний діоксид кремнію у звичайному маршруті виробництва мікросхем. Вимоги до такого матеріалу дуже серйозні:

- висока хімічна та механічна (на атомарному рівні) сумісність із кремнієм,
- зручність виробництва в єдиному циклі традиційного кремнієвого техпроцесу,
- головне – низькі витоки та висока діелектрична проникність.

Тому для нового **high-k-матеріалу** було розроблено свій високоточний процес нанесення, під час якого формується один молекулярний шар цього матеріалу за один цикл.

Новий матеріал – це теж оксид. Причому монооксид, що означає застосування матеріалів переважно другої групи, наприклад магнію, цинку або навіть міді.

## Переваги та недоліки мікропроцесорної техніки

### Переваги:

1. **Висока продуктивність:** Мікропроцесори мають високу швидкість обробки даних і виконання команд, що дозволяє їм ефективно виконувати складні завдання і забезпечувати швидку роботу пристроїв.
2. **Маленький розмір:** Мікропроцесори мають компактний розмір, що дозволяє їх використовувати у різних пристроях, включаючи мобільні телефони, ноутбуки, планшети та інші портативні пристрої.
3. **Енергоефективність:** Мікропроцесори споживають меншу кількість енергії порівняно з більшими та складнішими системами, що дозволяє пристроям працювати довше від однієї зарядки або батареї.
4. **Гнучкість і програмування:** Мікропроцесори можуть бути програмовані для виконання різних завдань і функцій, що робить їх універсальними і дозволяє створювати різноманітні пристрої та системи.
5. **Ціна:** Мікропроцесори стають дедалі доступнішими та дешевшими, що робить їх привабливими для використання в різних пристроях та системах.

### Недоліки:

1. **Обмежені ресурси:** Мікропроцесори мають обмежені обчислювальні ресурси, такі як пам'ять та процесорний час, що може обмежити їхню здатність обробляти великі обсяги даних або виконувати складні завдання.
2. **Обмежена масштабованість:** мікропроцесори мають обмежені можливості масштабування, що означає, що вони можуть досягти межі своєї продуктивності і не можуть бути легко покращені або модернізовані.
3. **Тепловиділення:** Мікропроцесори генерують тепло в процесі роботи, і якщо воно не видаляється ефективно, це може призвести до перегріву та зниження продуктивності або навіть пошкодження пристрою.
4. **Залежність від програмного забезпечення:** Мікропроцесори потребують правильного програмного забезпечення для своєї роботи, і якщо програмне забезпечення не оптимізоване або несумісне, це може призвести до зниження продуктивності або неправильної роботи пристрою.
5. **Вразливість до атак:** Мікропроцесори можуть бути вразливими для різних видів атак, таких як злом або віруси, що може призвести до витоку даних або неправильної роботи пристрою.

## Застосування мікропроцесорної техніки

**Комп'ютери та ноутбуки.** Вони обробляють дані, виконують програми та забезпечують взаємодію з користувачем. Мікропроцесори дозволяють комп'ютерам виконувати складні обчислення, запускати програми та обробляти графіку.

**Мобільні пристрої.** Мікропроцесори застосовуються в мобільних пристроях, таких як смартфони та планшети. Вони забезпечують високу продуктивність та енергоефективність, дозволяючи користувачам виконувати різні завдання, такі як серфінг в інтернеті, перегляд відео, ігри та інш..

**Автомобільна промисловість.** Вони керують різними системами автомобіля, такими як двигун, трансмісія, системи безпеки та розваг. Мікропроцесори дозволяють автомобілям бути більш ефективними, безпечними та зручними для водіїв та пасажирів.

**Побутова техніка.** Мікропроцесори також застосовуються в побутовій техніці, такій як холодильники, пральні машини, посудомийні машини та ін. Вони керують роботою цих пристроїв, забезпечуючи оптимальну продуктивність та енергоефективність.

**Медична техніка.** Вони використовуються в медичних приладах, таких як ЕКГ, УЗД, монітори пацієнтів та ін. Мікропроцесори обробляють дані, контролюють роботу приладів та забезпечують точність та надійність їх роботи.

**Промисловість.** Мікропроцесори застосовуються в промисловості для автоматизації процесів та управління обладнанням. Вони контролюють роботу промислових машин, роботів, систем автоматичного управління та ін.

**Ігрова індустрія.** Мікропроцесори є основним компонентом ігрових консолей та комп'ютерів для ігор. Мікропроцесори також використовуються для розробки ігор та створення віртуальної реальності.

**Телекомунікації.** Мікропроцесори застосовуються в телекомунікаційній техніці, такій як маршрутизатори, комутатори, модеми та ін. Вони забезпечують обробку та передачу даних, керування мережними пристроями та забезпечують зв'язок між різними пристроями.

***Thanks for your attention***