

*Інна Криворучко, Хурсанд Тораєв*  
*Науковий керівник: викл. Ільніцька К. С.*

## МІКРОЕЛЕКТРОНІКА І НАНОТЕХНОЛОГІЇ

Життя сучасного суспільства практично неможливе без радіоелектронних засобів. Радіоелектроніка – галузь науки і техніки, яка охоплює теорію, методи створення та використання пристроїв для передавання, приймання та перетворення інформації за допомогою електромагнітної енергії.

Термін «радіоелектроніка» з'явився в 50-х роках ХХ століття і є до певної міри умовним. Радіоелектроніка охоплює: радіотехніку і електроніку, в т. ч. напівпровідникову електроніку, квантову електроніку, ІЧ техніку, хемотроніку, оптоелектроніку, акустоелектроніку, кріоелектроніку, мікроелектроніку та ін.

Величезну роль у сучасній радіотехніці відіграють саме виробництва мікроелектронної технології. Доступні, недорогі, надійні і швидкодіючі інтегральні мікросхеми рішуче змінили вигляд технічних засобів багатьох галузей радіоелектроніки. Мікроелектроніка зумовила широкий перехід до принципово нових цифрових способів обробки і перетворення радіотехнічних сигналів.

Розвиток сучасної мікроелектроніки характеризується виробництвом великого числа інтегральних мікросхем, в першу чергу створенням великих і надвеликих інтегральних схем і мікропроцесорів, а також систем на одному кристалі. При цьому продовжується масовий випуск інтегральних мікросхем середнього рівня інтеграції для всіх видів радіоелектронної апаратури. Найбільш широко випускаються напівпровідникові інтегральні мікросхеми [1].

**До основних напрямків розвитку мікроелектроніки відносять:**

- 1) Оптоелектроніку;
- 2) Магнетоелектроніку;
- 3) Акустоелектроніку;
- 4) Хемотроніку;
- 5) Кріоелектроніку;
- 6) Діелектричну електроніку;
- 7) Квантову мікроелектроніку;
- 8) Біоелектроніку;
- 9) Негатроніку;
- 10) Наноелектроніку (Нанотехнології в мікроелектроніці).

**Нанотехнології** – технології, в процесі виготовлення пристроїв яких необхідно оперувати об'єктами, розміри яких не перевищують 100 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Це дуже мала величина у порівнянні з розмірами молекул і навіть атомів. Матеріали, створені за допомогою нанотехнологій, вирізняються особливими, унікальними властивостями, які вже знайшли широке застосування у нашому повсякденному житті. Мікросхеми з таким розширенням (мікропроцесори, відеопроцесори, пристрої пам'яті тощо) випускаються в масових кількостях. Їх використовують в настільних, мобільних і кишенькових комп'ютерах, сотових телефонах, системах бездротового зв'язку, плеєрах і рекордерах і т.д. Більшість із цих виробів побудовані з монолітних інтегральних мікросхем високого ступеня інтеграції, геометричне розширення промислових процесорів яких в наші дні складає 30–45 нм [2].

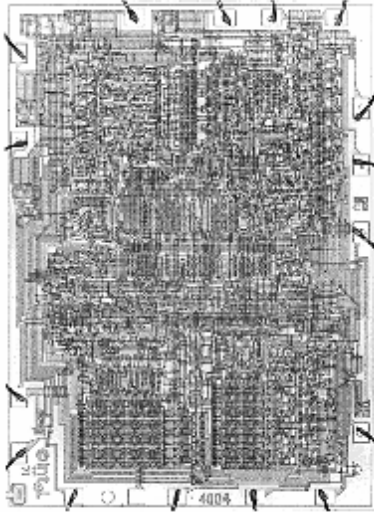


Рис. 1. Фотографія поверхні першого мікропроцесора 4004 корпорації Intel при збільшенні оптичним мікроскопом в десятки разів

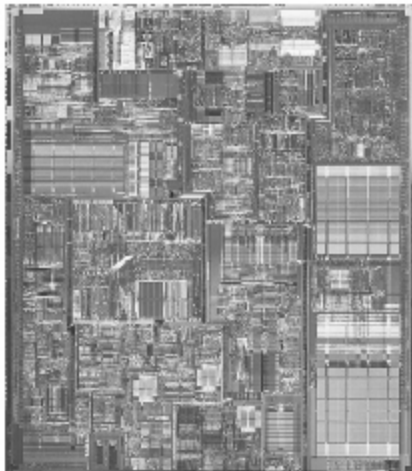


Рис. 2. Мікрофотографія мікропроцесора Pentium IV

Розширення перших мікросхем складало декілька мікрон. На рис. 2, на якому наведено фотографію поверхні першого мікропроцесора 4004 корпорації Intel при збільшенні оптичним мікроскопом в десятки разів, можна чітко спостерігати окремі провідники і групи окремих компонентів. На кристалі розміром із ніготь розміщено близько 2400 транзисторів [2].

Однак субмікронними розмірами характеризуються і більшість цілком звичайних напівпровідникових приладів. Наприклад, товщина бази звичайного СВЧ-біполярного транзистора складає частки мікрметра. Ще менша товщина діелектрика у польових транзисторів з ізолюваним затвором. Успіхи в технологіях виробництва інтегральних мікросхем компанії Intel призвели до того, що кожних 1,5 роки число транзисторів на кристалі збільшується вдвічі. Цю просту і емпіричну закономірність помітив один із засновників корпорації Intel Гордон Мур, і ось уже більше чотирьох десятиліть Intel намагається дотримуватися так званого «закону Мура». Це досягається постійним зростанням розширення технології інтегральних мікросхем – від одиниць мікрон до десятків нанометрів. На мікрофотографії мікропроцесора Pentium IV уже неможливо розглянути ні окремих провідників, ні транзисторів (рис. 2.). Ще б пак – їх кількість зросла до 100 мільйонів, а розширення досягло 110 нм [2].

Розширення оптичних засобів, які використовуються у виробництві інтегральних мікросхем, уже давно складає близько 100 нм і менше. Воно характерно і для оптичних мікроскопів, які дають наближення до 1000 разів. Ось чому аж до кінця минулого століття було багато розмов про кризу в мікроелектроніці через «фундаментальний» бар'єр в розширенні фотолітографії. Але уже на початку XXI століття, розширення інтегральних мікросхем сягнуло межі в 100 нм і доволі спокійно пододало її. Це стало можливим після переходу до фотолітографій в жорстких (коротких) променях, наприклад рентгенівських, що пересунули цю границю розширення на порядок. Сучасні інтегральні мікросхеми,

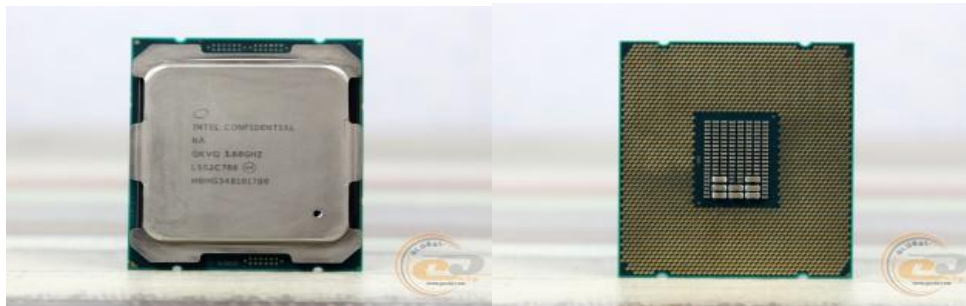


Рис. 3. Процесор Intel Core i7 – 6850K

наприклад корпорації Intel, розробляють за технологією з розширенням 45 і 35 нм, а оптичні зразки мікросхем – з розширенням в 14-18 нм. Прикладом сучасного процесора Intel Core i7 є процесор сімейства Intel Core i7 – 6850K (рис. 3). Він виробляється за стандартом 14-нм техпроцеса, має 6 ядер, які працюють в 12 потоків із штатною тактовою частотою 3,6 ГГц, 3,8 ГГц в режимі Turbo Boost 2.0 [3].

Таким чином, мікроелектроніка по суті стала наноелектронікою, і першою, по-справжньому масовою, областю застосування нанотехнологій.

Насамкінець, слід зазначити, що Україна на тлі бурхливого розвитку нанотехнологій у світі виглядає досить впевнено. На сьогоднішній день діє програма «Наноструктурні системи, наноматеріали і нанотехнології» НАН України, а учені, які працюють у рамках цієї програми, мають суттєві досягнення.

#### **Список використаних джерел:**

1. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 224 с.
2. Афонский А. А., Дьяконов В. П. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике. – М. : ДМК Пресс, 2011. – 688 с.
3. Кичак В. М., Крушевський Ю. В., Гаврілов Д. В. Основи радіоелектроніки: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 368 с.

**Сергій Крикун**

*Науковий керівник: к. п. н., доц. Дубова Н. В.*

### **ФОРМУВАННЯ ДОСЛІДНИЦЬКИХ КОМПЕТЕНЦІЙ УЧНІВ 8–9 КЛАСІВ У ПРОЦЕСІ ТРУДОВОЇ ПІДГОТОВКИ**

Серед першочергових завдань, які стоять перед сучасною освітою є підготовка учня до подальшого життя у суспільстві. Щоб вирішити цю проблему необхідно активно включати школярів у навчальний процес як дослідників, які самостійно здобувають знання, відкриваючи нове, невідоме. Виходячи з цього, головним завданням сучасної школи є розвиток у дитини здатності до пошуку, який допомагає їй досягти потенційних можливостей у відносинах зі світом та іншими людьми.