

І. В. Чешко

**ВСТУП ДО СПЕЦІАЛЬНОСТІ
«ЕЛЕКТРОНІКА»**

Навчальний посібник

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету

Суми
Сумський державний університет
2017

УДК 621.382 (075.8)

Ч – 57

Рецензенти :

А. І. Салтикова - кандидат фізико-математичних наук, доцент Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка;

Ю. М. Лопаткін - доктор фізико-математичних наук, професор Сумського державного університету.

*Рекомендовано вченою радою
Сумського державного університету
як навчальний посібник
(протокол № 11 від 15.06.2017 р.)*

Ч – 57 **Чешко І. В.** Вступ до спеціальності «Електроніка» : навчальний посібник – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 148 с.
ISBN

У навчальному посібнику подані навчально-методичні матеріали для вивчення дисципліни «Вступ до спеціальності», що адресується студентам вищих навчальних закладів денної і заочної форм навчання за спеціальністю «Електроніка» для їх ознайомлення з ключовими моментами обраної спеціальності для подальшого успішного вивчення циклу спеціальних дисциплін.

УДК 621.382 (075.8)

ISBN

© Чешко І.В., 2017
© Сумський державний університет, 2017

ЗМІСТ

Вступ	6
Розділ 1 РОЗВИТОК ЕЛЕКТРОНІКИ	7
1.1 Фундаментальні відкриття та розвиток наукової думки в електриці.....	7
1.1.1 Закладення наукових основ електроніки.....	7
1.1.2 Перші практичні застосування електрики.....	14
1.2 Історія розвитку електроніки.....	15
1.2.1 Перший етап розвитку електроніки : поява перших електронних приладів.....	15
1.2.2 Другий етап розвитку електроніки : електровакуумні прилади.....	18
1.2.3 Третій етап розвитку електроніки : твердотільна електроніка.....	23
1.2.4 Четвертий етап розвитку електроніки : мікросхем.....	27
1.2.5 П'ятий етап розвитку електроніки : наноелектроніка.....	30
Розділ 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ В ЕЛЕКТРОНІЦІ	32
2.1. Поняття та визначення в електроніці.....	32
2.1.1 Основні визначення.....	32
2.1.2 Активні і пасивні елементи.....	37
2.1.2.1 Пасивні елементи.....	37
2.1.2.2 Активні елементи.....	43
2.2 Аналогова та цифрова електроніка.....	47
2.2.1 Принципи передачі сигналу.....	47
2.2.2 Класифікація аналогових та дискретних електронних пристроїв.....	53
2.3 Принципи побудови електронних схем.....	57
2.3.1 Види електричних схем.....	57
2.3.2 Принципові електричні схеми.....	58
2.3.3 Умовні графічні позначення.....	61
2.3.4 Позиційні літерно-цифрові позначення в електричних схемах.....	67

Розділ 3 НАПРЯМИ ЕЛЕКТРОНІКИ	70
3.1 Вакуумна та квантова електроніка.....	70
3.1.1 Вакуумна електроніка.....	70
3.1.1.1 Фізичні принципи роботи вакуумної електроніки.....	70
3.1.1.2 Елементна база вакуумної електроніки.....	71
3.1.2 Квантова електроніка.....	76
3.1.2.1 Історія створення лазера та інших приладів квантової електроніки.....	77
3.1.2.2 Елементна база квантової електроніки.....	81
3.1.2.3 Застосування лазерів та мазерів.....	82
3.2. Твердотільна мікроелектроніка.....	84
3.2.1 Коло питань твердотільної електроніки.....	84
3.2.2 Транзистор як основний елемент твердотільної електроніки.....	84
3.2.2.1 Історія появи твердотільного транзистора.....	84
3.2.2.2 Характеристики напівпровідникових елементів електроніки.....	86
3.2.3 Мікроелектроніка.....	89
3.2.3.1 Інтегральна схема.....	89
3.2.3.2 Покоління мікросхем.....	91
3.2.3.3 Сучасний стан мікроелектроніки.....	92
3.3 Мікропроцесорна електроніка.....	94
3.3.1 Мікропроцесори, основні поняття і визначення....	94
3.3.2 Історія розвитку мікропроцесорної техніки.....	100
3.3.3 Класифікація мікропроцесорів.....	103
3.3.4 Мікроконтролери.....	105
3.3.5 Медійні та мультимедійні процесори та трансп'ютери.....	110
Розділ 4 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	112
4.1 Робототехніка.....	112
4.1.1 Історія виникнення робототехніки.....	112
4.1.1.1 Основні визначення.....	112
4.1.1.2 Три закони робототехніки.....	113

4.1.1.3 Історія робототехніки.....	114
4.1.2 Маніпуляційна система роботів.....	117
4.1.3 Система керування роботами.....	119
4.1.4 Штучний інтелект.....	120
4.1.5 Промислові роботи.....	122
4.2 Інформаційні технології в електроніці.....	124
4.2.1 Види інформаційних технологій.....	124
4.2.2 Технологія створення інформації.....	129
4.2.3 Інформаційні технології збору інформації.....	130
4.2.4 Інформаційна технологія обробки інформації та даних.....	130
4.2.5 Технологічні операції контролю даних.....	132
4.2.6 Інформаційна технологія зберігання даних.....	133
4.3 Інформаційна культура інженера електронної техніки.....	133
4.3.1 Інформаційна культура.....	133
4.3.2 Документ. Види документів.....	135
4.3.3 Інтелектуальна власність.....	142
Список використаної літератури.....	145

ВСТУП

Дисципліна «Вступ до спеціальності «Електроніка» – це перший навчальний курс студентів університету даної спеціальності, що безпосередньо пов'язаний з вивченням науково-технічних основ електроніки та суміжних питань.

Основна мета даного курсу та цього посібника полягає у підготовці студентів до вивчення циклу спеціальних дисциплін та початку формування у них основних фахових компетентностей. Відповідно до цього даний навчальний посібник складається з чотирьох розділів : «Розвиток електроніки», «Основні поняття в електроніці», «Напрями електроніки» та «Інформаційні технології». Матеріал викладений у посібнику охоплює широкий перелік питань загального та спеціального змісту, що направлені на засвоєння та систематизацію знань про історію виникнення та розвиток електроніки, встановлення взаємоз'язків між різними її розділами, ознайомлення з основними поняттями і визначеннями та принципами застосування інформаційних технологій в даній галузі.

У даному посібнику втілена ще одна важлива мета – мотивація студентів до подальшого навчання та підвищення інтересу до обраної спеціальності. Тому основний акцент змісту посібника направлений на намагання дати відповіді на питання : «Чому і що потрібно вивчати щоб стати кваліфікованим фахівцем?», «Якій зв'язок між минулим і сучасним електроніки?», «Як стати успішним у цій області?».

Всі ілюстрації та рисунки в даному посібнику взяті з відкритих інформаційних інтернетресурсів.

Автор виражає щире подяку рецензентам посібника Салтиковій А. І. та Лопаткіну Ю. М. за цінні зауваження, які сприяли покращенню змісту посібника.

РОЗДІЛ 1

РОЗВИТОК ЕЛЕКТРОНІКИ

1.1 Фундаментальні відкриття та розвиток наукової думки в електриці

1.1.1 Закладення наукових основ електроніки

Фундамент електроніки був закладений за допомогою праць науковців у XVIII – XIX ст. Більш детально періодизацію в подіях цього часу можна простежити за допомогою табл. 1, де представлені основні успіхи фізики та хімії, що призвели до відкриттів в електростатиці, електродинаміці та електротехніці. Цей період завершився відкриттям кількісного закону електричних взаємодій та визначив подальший шлях розвитку науки про електрику: накопичення експериментальних фактів в області електростатики; удосконалення електростатичних машин і електроматеріаліветрій; побудова математичної теорії електростатичних і магнітостатичних взаємодій. Ці відкриття посилювали інтерес до вивчення електричних явищ і сприяло поширенню уявлення про можливості практичного застосування електрики, в тому числі і в лікувальних цілях. Досліди з електрикою стали вважатися найпрогресивнішими у науці того часу та стали модними: їх проводили і в лабораторіях учених, і в аристократичних вітальнях, і, навіть, в королівських палацах, де вони перетворилися на забаву.

Одним із перших електричних приладів була так звана «лейденська банка», що була винайдена в 1745 р. незалежно голландським професором П. ван Мюсхенбруком та німецьким вченим Е. Г. фон Клейста. Діелектриком в їх конденсаторі служило скло посудини, а обкладками – вода в посудині і долоня експериментатора, яка її тримала. Виводом внутрішньої обкладки був металевий провідник, пропущений

Таблиця 1 - Розвиток наукової думки в галузі

Дата	Події в історії науки
1	2
1600 р.	Перша робота про магнітні та електричні явища написана англійським ученим У. Гільбертом, у якій він увів у науку термін «електрика», назвавши «електричними» тіла, що здатні електризуватися.
1745 р.	Створено лейденську банку (конденсатор).
1785 р.	Ш. О. Кулон уперше використовував крутильні ваги для електричних і магнітних вимірів.
Кінець XVIII ст.	Установлено закон взаємодії електричних зарядів і магнітних полюсів (закон Кулона), відкрите явище електростатичної індукції.
Кінець XVIII - початок XIX ст.	У численних наукових працях описувалися різноманітні електростатичні машини й прилади, призначені для електролізування.
1799 р.	Італійський учений А. Вольта створив перше джерело постійного електричного струму – вольтів стовп.
1800 р.	Англійський вчений А. Карлейл і У. Нікольсон уперше здійснили електроліз води.
1807 р.	Відкриття Г. Деві електролітичного способу одержання лужних металів – калію й натрію, раніше невідомих у чистому вигляді.
1820 р.	Х. Ерстед встановив зв'язок магнітного поля з його струмом. Д. Ф. Араго виявив явище намагнічування провідника із струмом та дослідив соленоїд. Французькі вчені Ж.Б. Біо та Ф. Савар встановили закон дії струму на магніт.

Продовження табл. 1

1	2
1821 р.	Відкриття термоелектрики Т. Зеєбеком. М. Фарадей встановив, що електричний струм, який проходить по провіднику, може змусити цей провідник робити обертання навколо магніту або викликати обертання магніту навколо провідника.
1824 р.	У книзі П. Барлоу «Дослідження магнітних притягань» описувався пристрій, відомий за назвою «колеса Барлоу».
1826 - 1827 р.	Розробка основ електродинаміки й встановлення електричної природи магнетизму А. Ампером.
1827 р.	Німецький фізик Г.С. Ом установлює відомий закон електричного кола, що носить його ім'я.
1831 р.	М. Фарадей показав можливість «перетворення магнетизму в електрику», відкривши явище електромагнітної індукції. Півроку через це ж явище спостерігалось незалежно від Фарадея американським фізиком Дж. Генрі.
1832 р.	Установлення Е. Х. Ленцем закону про напрямок індукованого струму. Анонімним винахідником створений перший однофазний асинхронний багатополісний.
1833 - 1834 р.	Відкриття М. Фарадеєм законів електролізу, ним же запропонована основна термінологія : електрод, анод, катод.
1834 р.	Американський фізик Дж. Генрі побудував електродвигун. У цьому пристрої вперше зроблена спроба використовувати притягання різнойменних і відштовхування однойменних магнітних полюсів для одержання безперервного руху.

Продовження табл. 1

1	2
1841 - 1842 р.	Англійський учений Дж.П. Джоуль знайшов кількісні характеристики теплової дії струму.
1844 р.	Створено першу дугову лампу Ж. Б. Л. Фуко. Була побудована між Вашингтоном і Балтімором перша лінія телеграфу Морзе.
1847 р.	Німецьким фізиком Г. Р. Кірхгофом були сформульовані два закони для розгалужених електричних кіл (закони Кірхгофа).
1850 р.	Б. С. Якобі розробив конструкцію літеро-друкувальні телеграфу.

в судину і занурений у воду. В 1746 р. з'явилися різні модифікації лейденської банки з фольговими обкладками, з внутрішньою обкладкою з металевих шихтів або дробу і т. д.

Лейденська банка дозволяла накопичувати і зберігати порівняно великі заряди (порядку мікрокулона).

У другій половині XVIII ст. вчення про електрику і магнетизм розвивається швидкими темпами. Найбільшим відкриттям у цій області було виявлення в 1791 р. італійським анатомом Л. Гальвані появи електрики при зіткненні двох різнорідних металів з тілом препарованої жаби. Сам Л. Гальвані помилково вважав, що це явище викликається наявністю особливої тваринної електрики. Але незабаром італійський вчений, А. Вольта, дав інше пояснення цим дослідям. Він експериментально довів, що електричні явища, які спостерігав Л. Гальвані, пояснюються тільки тим, що певна пара різнорідних металів, розділена шаром спеціальної електропровідної рідини, служить джерелом електричного струму, що протікає по замкнутих провідниках зовнішньої ланцюга. Цей висновок дав змогу з'явитися найяскравішому винаходу того часу. Це було джерело постійного струму під

назвою «вольтів стовп» – перший електрохімічний генератор (рис. 1 а), а слідом за ним «величезної батареї» В. В. Петрова, за допомогою якої була отримана електрична. В цей же час намічаються дві основні концепції в розумінні електричних і магнітних явищ – далекодії та близькодії.

У 40-ві роки XVIII ст. була створена і вдосконалена електрична машина, спочатку зі скляним циліндром (рис. 1 б), потім зі скляним диском винахідником у цій сфері інженером Ж. Якобі (рис. 1 в).

Історія пізнання електрики і магнетизму починається з безпосереднього вимірювання в 1780-х роках французьким фізиком Ш.-О. Кулоном величини сил, що діють між електричними зарядами, і встановлення основного закону електростатики – закону Кулона – який свідчить, що електричні сили слабшають оберненопропорційно квадрату відстані, тобто так само як гравітаційна сила. Але за величиною електричні сили набагато перевершують гравітаційні. На відміну від слабкої гравітаційної взаємодії, наявність якої Г. Кавендішу вдалося продемонструвати лише за допомогою спеціального приладу, електричні сили, що діють між тілами звичайних розмірів, можна легко спостерігати. Таким чином, на межі XVIII–XIX ст. природа електрики частково прояснилася.

Досліди з електричним струмом привертали увагу багатьох вчених різних країн. У 1802 р. італійський вчений Дж. Романьозі виявив відхилення магнітної стрілки під впливом електричного струму, що протікав по розташованому поблизу провіднику. Наприкінці 1819 р. це явище було знову спостережене датським фізиком Г. Ерстедом, який у березні 1820 р. опублікував латинською мовою брошуру під заголовком «Досліди, що стосуються дії електричного збурення на магнітну стрілку». У цьому творі «електричним збуренням» був названий електричний струм.



а



б



в

Рисунок 1 – «Вольтів стовп» з музею А. Вольти (а) та фото перших електрогенераторів винахідників А. Єдлика (б) та Ж. Якобі (в)

Найважливішими досягненнями цього періоду є відкриття основних властивостей електричного струму, законів Ампера, Біо-Савара, Ома, створення електродвигуна (рис. 1 б), першого індикатора електричного струму (мультиплікатора), встановлення зв'язків між електричними й магнітними явищами.

Особливо слід зазначити про діяльність видатного вченого А. Ампера, який поклав початок вивченню динамічних дій електричного струму і встановив цілий ряд законів електродинаміки. Однією з найважливіших заслуг А. Ампера було те, що він вперше об'єднав два роз'єднаних раніше явища – електрику та магнетизм однією теорією електромагнетизму і запропонував розглядати їх як результат єдиного процесу природи. Ця теорія була зустрінута сучасниками Ампера з великою недовірою, але вона була досить прогресивною і зіграла величезну роль в правильному розумінні відкритих пізніше явищ. Через п'ять років після робіт Ампера був побудований перший електромагніт і почалося глибоке вивчення законів електромагнетизму. У 1827 р. німецький вчений Г.С. Ом відкрив один з фундаментальних законів електрики, який встановлює основні залежності між силою струму, напругою і опір ланцюга, по якій проходить електричний струм. В 1847 р. Г. Кірхгоф сформулював закони протікання струмів в складних ланцюгах.

Відкриття А. Ампера зацікавили англійського фізика М. Фарадея і спонукали його дати необхідні відповіді на питання про перетворення електричної і магнітної енергії в механічну. У 1821 р. він знайшов ще одне розв'язок поставленої задачі: перетворення електричної і магнітної енергії в механічну та продемонстрував свій прилад, в якому він отримував явище безперервного електромагнітного обертання. У той же день М. Фарадей записав у свій робочий щоденник зворотню задачу: «Перетворити магнетизм в

електрику». Більше десяти років знадобилося, щоб вирішити її та знайти спосіб отримання електричної енергії з магнітної та механічної. Лише наприкінці 1831 р. М. Фарадей повідомив про відкриття ним явища, що назвали електромагнітною індукцією і яке становить основу всієї сучасної електроенергетики.

Математична теорія електростатики успішно розроблялася С.-Д. Пуассоном, Дж. Грінном, К. Гауссом та іншими вченими. Кінець XVIII ст. ознаменувався революційним переворотом в науці про електрику.

1.1.2 Перші практичні застосування електрики

Фізіологічні дії електрики, відкриття електричних властивостей ската зацікавили лікарів і фізіологів. Природно було очікувати, що електрика і магнетизм виявляться корисними в лікарській практиці, і той факт, що у італійського лікаря Л. Гальвані виявилася електрична машина, цілком відповідав духу часу.

Іншим важливим застосуванням електрики став зв'язок та штучне освітлення. Першу достовірну відому пропозицію використовувати електрику (статичну) для передачі повідомлень міститься в листі невідомого під псевдоіменем «С. М.» з міста Ренфрю (Шотландія) від 1 лютого 1753 р. На цей лист посилаються в багатьох роботах з історії телеграфії. «С. М.» пропонував провести між двома пунктами паралельні дроти з використанням ізоляторів зі скла (або іншого відповідного матеріалу) на опорах, встановлених через певні проміжки. Дротів має бути стільки, скільки букв в алфавіті. Передача кожної букви повинна здійснюватися шляхом приведення в зіткнення кондуктора електризаційної машини та відповідних дротів. На приймальному пункті, згідно з пропозицією, слід було підвісити кулі, до яких повинні були притягатися листки з паперу і т. д. з нанесеними на них

буквами «С. М.».

У 1881 р. Т. Едісон вперше виявив явище термоелектронної емісії. Проводячи різні експерименти з вугільними лампами розжарювання, він побудував лампу, що містить в вакуумі, крім вугільної нитки, ще й металеву платівку, від якої був виведений провідник. Якщо з'єднати дріт через гальванометр з позитивним кінцем нитки, то через гальванометр йде струм; якщо з'єднати з негативним, то струму немає. Це було названо ефектом Едісона. Явище випромінювання електронів розпеченими металами та іншими тілами в вакуумі чи газі назвали термоелектроною емісією. Ці дослідження дозволили йому істотно вдосконалити існуючий на той момент новий електричний прилад – лампу розжарювання і довести його майже до того зовнішнього вигляду, в якому вона існує на сьогодні.

1.2 Історія розвитку електроніки

1.2.1 Перший етап розвитку електроніки : поява перших електронних приладів

До першого етапу розвитку електроніки належить винахід лампи розжарювання та радіо.

На питання «Хто винайшов лампочку?» або «Хто винайшов радіо?» відповісти досить складно. Оскільки в тому вигляді, якими ми бачимо їх зараз винаходило декілька людей і кожен вніс своє удосконалення.

Деякі науковці вважають, що першим створив лампочку А. Н. Лодигін. Як нитку накалювання він використав вугільний стержень, поміщений у вакуумну посудину. У 1874 р. він отримав патент за номером «1619» на ниткову лампу. Паралельно він досліджував властивості тугоплавких металів і намагається використати їх як нитки розжарення.

У 1875 р. В. Ф. Дідріхсон удосконалив лампу А. Н. Лодигіна, здійснивши відкачування повітря з неї і

застосувавши декілька волосків, таким чином збільшився термін служби лампи.

Американський винахідник Т. Едісон також вів дослідження в цій області. У 1879 р. він запатентував лампу із платиновою ниткою, але її вартість була занадто великою. У 1880 р. він повертається до вугільного волокна і створює лампу з тривалістю роботи 40 годин (рис. 2), що істотно збільшило тривалість їх роботи і підвищило світло здатність. Цікавий факт : нитка розжарення для лампи Т. Едісона була розроблена з волокон бамбука. Одночасно Т. Едісон винайшов патрон і цоколь. Більше того він випустив лампу в масове виробництво. Крім того геніальний винахідник створив перший електрочисильник, електростанцію, електромережу, першим почав використання для передачі змінний струм (спільно з Н. Теслою). Саме його розробки лежать у основі сучасних електромереж та електротехніки.

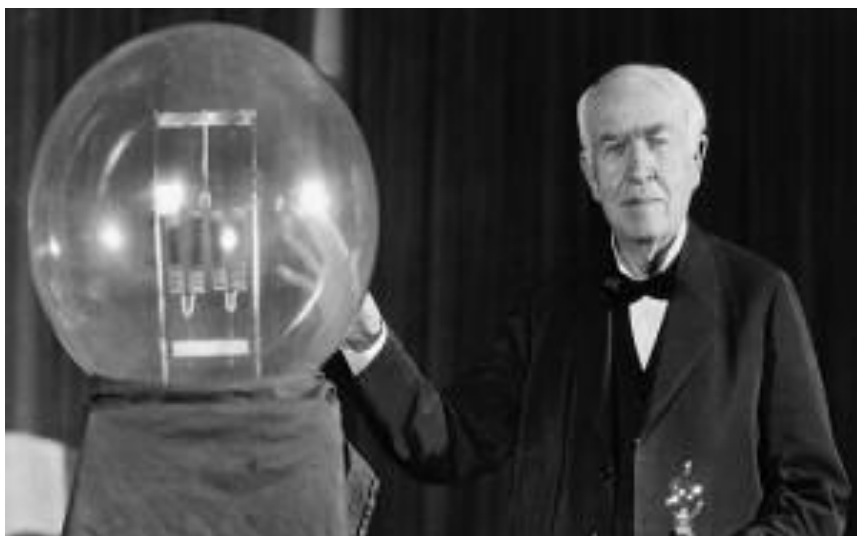


Рисунок 2 – Фото Т. Едісона та його винаходу

У 1906 р. А. Лодигін продає патент на вольфрамовий волосок компанії «Дженерел елекрикс». Проблема із швидким випаруванням нитки у вакуумі була розв'язана американським вченим І. Ленгмюром, який, працюючи з 1909 р. придумав наповнювати лампу аргonom. У 1910 р. В. Д. Кулідж винаходить ефективніший метод виробництва вольфрамового волоска. Поступово лампи розжарювання з вольфрамовими волосками витіснили інші моделі ламп.

Ще одним визначним етапом розвитку електроніки стало відкриття у 1874 р. німецьким ученим К. Ф. Брауном випрямляючого ефекту в контактi метал-напiвпровiдник. У радянськи часи стверджувалося, що використання саме цього ефекту російським винахідником О. Поповим для детектування радіосигналу дозволило створити йому перший радіоприймач. Датою винаходу радіо було прийнято вважати 7 травня 1895 р., коли О. Попов виступив із доповіддю і демонстрацією на засіданні фізичного відділення російського фізико-хімічного товариства у Петербурзі. Вже 24 березня 1896 р. О. Попов передав перше радіоповідомлення на відстань 350 м. Однак світове наукове товариство не вважає його винахідником радіо. Відомо, що практично в один і той же час це геніальне відкриття зробили кілька вчених з різних країн. Г. Марконі (рис. 3), Н. Тесла, Г. Герц, Е. Резерфорд – всі ці люди так чи інакше пов'язані із відкриттям радіо.

Перший патент на бездротовий зв'язок отримав у 1872 р. М. Луміс, який заявив в 1866 р. про те, що він відкрив спосіб бездротового зв'язку. В різних країнах поширені різні дані стосовно винахідника першого працюючого радіоприладу. В Німеччині творцем радіо вважають Г. Герца (1888 р.), в США – Д. Хьюза (1878 р.), а також Т. Едісона (1875 р., патент 1885 р.) також у США і низці балканських країн – Н. Тесла (1891 р.), в Білорусі – Я. Наркевіча-Юдко (1890 р.), у Франції – Е. Бранлі (1890 р.), в Індії – Дж. Чандра Боше (1894),



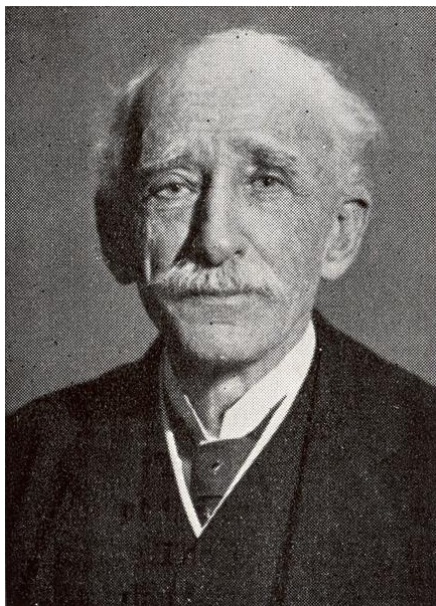
Рисунок 3 – Фото Г. Марконі з його радіопередавачем

в Англії – О. Д. Лоджа (1894 р.), в Бразилії – Л. де Муру (1893-1894 р.). Однак Нобелівський комітет у 1909 році присудив Нобелівську премію з фізики за це відкриття Г. Марконі та Е. Брауну.

Успіхи електроніки у період його розвитку сприяли розвитку радіотелеграфії. Одночасно розробляли наукові основи радіотехніки з метою спрощення устрою радіоприймача і підвищення його чутливості. У різних країнах велися розробки та дослідження різних типів і надійних детекторів високочастотних коливань.

1.2.2 Другий етап розвитку електроніки : електровакуумні прилади

Другий етап розвитку електроніки розпочався в 1904 р., коли англійський учений Д. Флемінг (рис. 4) сконструював



а



б

Рисунок 4 – Фото Д.Флемінга (а) та зовнішній вигляд першого діоду (б)

електровакуумний діод. Основними його частинами є два електрода, що перебувають у вакуумі.

Металевий анод і металевий катод нагріваються електричним струмом до температури, коли виникає термоелектронна емісія. При високому вакуумі розрядження газу між електродами таке, що довжина вільного пробігу електронів значно перевищує відстань між електродами, тому за позитивної, щодо катода, напруги на аноді електронирухаються до аноду, викликаючи струм I_a в анодному ланцюгу. При негативній напрузі анода електрони, що емітуються, повертаються на катод – і струм в анодному ланцюгу нульовий. Отже, електровакуумний діод

має односторонню провідність, що використовується при випрямленні змінного струму.

У 1907 р. американський інженер Лі де Форест встановив, що помістивши між катодом і анодом металеву сітку та подаючи її до напруги, можна управляти анодним струмом практично без інерції і з малою витратою енергії. Так з'явився перша електронно-підсилювальна лампа – тріод (рис. 5). Її властивості як приладу посилення і генерування високочастотних коливань зумовили швидкий розвиток радіозв'язку. Якщо щільність газу, який наповнював балон, настільки висока, що довжина вільного пробігу електронів виявляється менше відстані між електродами, то електронний потік, проходячи через міжелектродну відстань, взаємодіє із газовим середовищем, у результаті властивості середовища різко змінюються. Газове середовище іонізується і до стану плазми, що характеризується високою електропровідністю. Ця властивість плазми була використана американським ученим Е. Хеллом в розробленому їм у 1905 р. газотроно-потужному випрямному діоді, що наповнений газом. Винахід газотрона поклало початок розвитку газорозрядних електровакуумних приладів.



Рисунок 5 – Зовнішній вигляд лампового тріоду

У різних країнах стало швидко розвиватися виробництво електронних ламп. Особливо сильно розвиток електроніки стимулювався військовим значенням радіозв'язку. Тому 1913-1919 рр. – період різкого розвитку електронної техніки. У 1913 р. німецький інженер А. Мейснер розробив схему лампового регенеративного приймача і з допомогою тріода отримав невщухаючі гармонійні коливання. Нові електронні генератори дозволили замінити іскрові і дугові радіостанції на лампові, що практично вирішило проблеми радіотелефонії. З цього часу радіотехніка стає ламповою. Перехід від довгих хвиль до коротких та середніх та розвиток радіомовлення зажадали розробки більш вдосконалених ламп, ніж тріоди. Розроблена у 1924 р. і вдосконалена в 1926 р. американцем Е. Хеллом екранована лампа з цими двома сітками (тетрод), і ним запропонована у 1930 р. електровакуумна лампа із трьома сітками (пентод), вирішили завдання підвищення робочих частот радіомовлення. Пентоди стали найпоширенішими радіолампами. Розвиток спеціальних методів радіоприйому здійняла у 1934 – 1935 рр. появу нових типів багатосіткових частотоперетворювальних радіоламп. З'явилися також різноманітні комбіновані радіолампи, застосування яких дозволило значно зменшити кількість радіоламп в приймальнику. Особливо наочно цей взаємозв'язок між електровакуумною і радіотехнікою проявилася у період, коли радіотехніка перейшла до освоєння та використання діапазону УКХ (ультракороткі хвилі : метрові, дециметрові, сантиметрові і міліметрові діапазони). З цією метою, по-перше, були значно вдосконалені вже раніше відомі радіолампи. По-друге, розробили електровакуумні прилади з новими принципами управління електронними потоками. Сюди відносяться багаторезонаторні магнетрони (1938 р.), клістроли (1942 р.), лампи зворотної хвилі (1953 р.). Такі прилади могли генерувати і посилювати коливання дуже високих частот,

включаючи міліметровий діапазон хвиль. Ці досягнення електровакуумної техніки зумовили розвиток таких галузей як радіонавігація, радіолокація, імпульсний багатоканальний зв'язок. Радянський радіофізик Д. Рожанский в 1932 р. запропонував створити прилади з модуляцією електронного потоку за швидкістю. За його ідеї І. Арсеньев і Е. Хелл в 1939 р. побудували перші прилади посилення і генерації коливань надвисоких частот (НВЧ). Створені в 1943 р. Р. Компфнером лампи біжучої хвилі (ЛБХ) забезпечили розвиток НВЧ систем радіорелейного зв'язку. Для генерації потужних НВЧ коливань в 1921 р. було запропоновано магнетрон.

Поруч із розробкою вакуумних електроприладів протягом другого етапу розвитку електроніки створювались і вдосконалювались газорозрядні прилади. У 1918 р., внаслідок дослідницької роботи доктора К. Шретера, німецька фірма «Пинтш» випустила перші промислові лампи тліючого розряду на 220 В. Починаючи з 1921 р. голандська фірма «Філіпс» випустила перші неонові лампи тліючого розряду на 110 В. Мініатюрні неонові лампи з'явилися у 1929 р. А у 1930 р. В. Ноулз опублікував опис неонові лампи тліючого розряду, у якій виникнення розряду між анодом і катодом викликається третім електродом. Тиратрон тліючого розряду, який знайшов широке застосування, сконструював в 1936 р. винахідник фірми «Бел Телефон». У цьому році інший винахідник – А. Вітлі, запропонував свою конструкцію тиратрона, де з допомогою струму управляючого електрода створюється необхідний початковий рівень концентрації електронів та іонів, в вакуумному проміжку анод-катод. Цей рівень забезпечує поява тліючого розряду. Той самий ефект використовують удекатроні, якій запропонований фірмою «Еріксон».

1.2.3 Третій етап розвитку електроніки : твердотільна електроніка

Третій період розвитку електроніки – це створення і впровадження дискретних напівпровідникових приладів (точкових транзисторів). Передумовою їх появи стали накопичення проблем вакуумної електроніки : велика габаритність, крихкість, величезне енергоспоживання, складність монтажу. Особливо нестерпними ці аспекти електроніки того часу стали при спробах створити надійних воєнних електронних приладів. Тому не дивно, що саме напередодні Другої світової війни дослідники всіх передових лабораторій світу замислилися над створенням альтернативи. Іншим важливим поштовхом створення напівпровідникової електроніки став розвиток обчислювальної техніки, що потребував створення електричних цифрових схем з великої кількості електронних елементів.

У 1942 р. в лабораторії «Бел телефонс» було створено групу на чолі з В.Шоклі, яка проводила дослідження властивостей напівпровідників кремнію (Sc) та германію (Ge). Група проводила як теоретичні, так і експериментальні дослідження фізичних процесів на межі розділу двох напівпровідників з різними типами електричної провідності. У результаті було винайдено трьохелектродні напівпровідникові прилади – транзистори.

Успіх припав на 23 грудня 1947 р., коли ці співробітники лабораторії «Бел телефонс» (а саме Дж. Бардін і У.Браттейн, під керівництвом В. Шоклі (рис.6)) внаслідок численних варіантів отримали працюючий напівпровідниковий прилад. Інформація про винахід з'явилася у журналі «The Physical Review» у липні 1948 р. Самі автори писали про винахід : «Наводиться опис трьохелементного електронного пристрою, котрий використовує відкритий принцип, який ґрунтується на застосуванні напівпровідника як основного елемента. Пристрій можна використовувати, як підсилювач, генератор



а



б

Рисунок 6 – Фото В. Браттейна, Д. Бардіна та В. Шоклі (а) та макет створеного ними точкового транзистора (б)

та в інших цілях, для яких зазвичай застосовуються вакуумні електронні лампи. Пристрій складається з трьох електродів, розміщених на германієвому блоці. Два електрода, які називаються емітером і колектором, є випрямниками з точковим контактом і вміщено у безпосередній близькості один від одного верхній поверхні. Третій електрод, з великою площею і маленьким радіусом, вмонтовано на підставку – базу. Використовувався германій n-типу. Точкові контакти виготовлялися як з вольфраму, так і з фосфорної бронзи. Кожен точковий контакт, в окремому випадку, разом із електродом бази утворює ректифікатор з великим зворотним опором. Струм створюється дірками, тобто носіями, що мають протилежний знак відносно надлишкових носіїв заряду в германії. Контакти взаємодіють один з одним коли вони розташовані зовсім близько один до одного і до них прикладена постійна напруга. Завдяки цьому впливу можливо використовувати даний пристрій посилення сигналу змінного струму».

Одночасно, в квітні 1947 р. – січні 1948 р. В. Шоклі опублікував теорію площинних біполярних транзисторів. Розглянувши напівпровідникові випрямні пристрої з кристалів напівпровідника, він теоретично описав перехід між областями p- і n-типу – p-n-перехід. Площинний напівпровідниковий приймач має малий опір, коли p-область – позитивна відносно n-області. У порівнянні з точковим площинний випрямляч допускає велике навантаження тому площа контакту може бути вельми велика. З іншого боку зі збільшенням площі зростає шунтувальна ємність. Далі В. Шоклі розглянув теорію площинного транзистора з кристала напівпровідника, що містить два p-n переходи. Винахід транзисторів стало знаменною віхою історії розвитку електроніки і тому Дж. Бардін, В. Браттейн і В. Шоклі отримали Нобелівську премію з фізики у 1956 р.

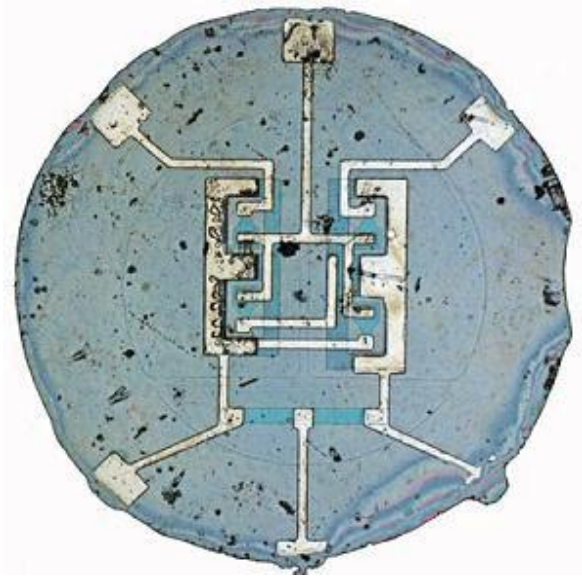
Хоча потрібно сказати, що поява транзисторів це результат копіткої роботи десятків видатних вчених і сотень найвизначніших фахівців, які у перебігу попередніх десятиліть розвивали науку стосовно напівпровідників. У тому числі були не тільки фізики, а й фахівці з електроніки, фізхімії, матеріалознавства. Початок серйозних досліджень розпочався ще до 1833 р., коли М. Фарадей працюючи із сульфидом срібла виявив, що провідність напівпровідників зростає із підвищенням температури, на противагу провідності металів, що у нинішньому разі зменшується. Наприкінці ХІХ століття було встановлено найважливіші властивості напівпровідників.

В 1950-х роках почала зароджуватися і формуватися таке явище як Кремнієва долина - регіон в Каліфорнії, що пов'язаний із зосередженням провідних університетів, великих міст, джерел фінансування нових компаній, що працювали в сфері інформаційних технологій та напівпровідникової електроніки. У цей період В. Шоклі заснував компанію «Шоклі семікондактор лабораторіес» і залучив до неї 12 молодих вчених, що займалися в різних фірмах германієвих і кремнієвими транзисторами та через два роки 8 вчених покинули компанію і у 1957 році об'єдналися і почали розробку технології масового виробництва кремнієвих транзисторів за методом подвійної дифузії і хімічного травлення. Ця технологія дозволяла одночасно отримувати на одній пластині відразу сотні транзисторів. Імена більшості цих людей стали в подальшому знаковими для електронної галузі : Г. Мур, Ш. Робертс, Є. Клайнер, Р. Нойс, В. Грінвіч, Дж. Бланк, Дж. Хоерні і Дж. Ласт. Далі для серйозної роботи у 1957 р. ними була заснована відома нині компанія «Файчїлд семікондактор».

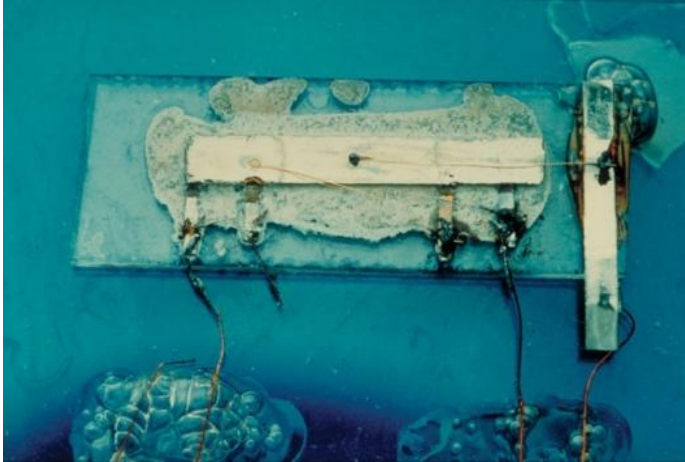
1.2.4 Четвертий етап розвитку електроніки : мікросхеми

Цей етап, як і попередній, був реакцією на вирішення проблем електроніки того часу. Дискретні напівпровідникові елементи поширювалися дуже швидко, їх кількість зростала в тисячі разів кожного року, поширювалися і впроваджувалися в побуд людей різні електронні прилади та пристрої на їх основі : радіоприймачі, телевізори, космічна, воєнна, побутова та промислова техніка. Основною проблемою при створенні електроприладів на основі дискретних напівпровідникових елементів стало катастрофічне зниження надійності. До 50 % готової продукції великих виробництв електроприладів вибраковувалася вже на стадії виготовлення. Іншою перешкодою розвитку електроніки ставала складність створення, налагодження та ремонту великих електронних схем реалізованих методом так званого «навісного монтажу».

У 1960 р. Р. Нойс з фірми «Фейчилд» запропонував і запатентував ідею монолітної інтегральної схеми (Патент США 2981877) і, застосувавши планарну технологію, виготовив перші кремнієві монолітні інтегральні схеми (рис. 7 а), в якій планарні дифузійні біполярні кремнієві транзистори і резистори з'єднані між собою тонкими і вузькими смужками алюмінію, лежать на пасивному оксиді. Алюмінієві сполучні доріжки виготовляються методом фотолітографії шляхом травлення шару алюмінію, напиляного протягом всієї поверхні оксиду. Така технологія отримала назву – технологія монолітних інтегральних схем. Одночасно Дж. Кілбі з фірми «Техас інструментс» виготовив тригер з одним кристалом германію (рис. 7 б), виконавши сполуки золотими контактами. Така технологія отримала назву – технологія гібридних інтегральних схем. Апеляційний суд США відхилив заявку Дж. Кілбі і визнав Р. Нойса винахідником монолітною технологією. Хоча очевидно, як і тригер Дж. Кілбі, він є аналогом монолітної мікросхеми.



а



б

Рисунок 7 – Одна із перших мікросхем Р. Нойса (а) та перша мікросхема Дж. Кілбі (б)

Сімейство монолітних транзисторно-транзисторних логічних елементів з чотирма і більше біполярними транзисторами з одним кристалом кремнію було випущено фірмою «Фейчилд» в лютому 1960 р. й одержало назву «мікрологіка». Планарна технологія Дж. Хорні і монолітна технологія Р. Нойса заклали в 1960 р. фундамент розвитку інтегральних мікросхем, спочатку на біполярних транзисторах, та потім у 1965 – 1985 рр. на польових транзисторах і комбінаціях тих та інших.

У 1968 р. Г. Мур і Р. Нойс пішли з відділення напівпровідників фірми «Фейчилд» і 28 червня 1968 р. організують крихітну фірму «Інтел». У 1997 р. Е. Гроув став «людиною року», а очолювана ним компанія «Інтел», стала однією з головних в Кремнієвій долині і виробляла мікропроцесори для 90% всіх персональних комп'ютерів планети. У 1999 р. щомісяця фірма виробляла 4 квадрильйона транзисторів

У цей же період набирає оберти історія створення електронних запам'ятовуючих пристроїв, що бере початок з винаходу в 1967 р. Р. Діннардом динамічної пам'яті з довільною вибіркою на основі транзисторів. Цей винахід справило сильний і тривалий вплив на всю електронну промисловість. Його вплив за загальним визнанням порівнюють з винаходом самого транзистора. Фірма «АйБіЕм» (м. Нью-Йорк, США) для розробки для перспективної електронних обчислювальних машин (ЕОМ) застосувала не феромагнітні запам'ятовувальні пристрої, а електронні запам'ятовувальні пристрої з урахуванням п-канальних польових транзисторів (метал-окисник-напівпровідник – МОП). Результатом успішного виконання цього плану був випуск у 1973 р. універсального ЕОМ–ІВМ- 370/158.

Протягом 1970 – 1990-х років вся електроніка розвивалася під впливом стрімкого розвитку мікроелектроніки, технологій

зберігання інформації та мікропроцесорної і комп'ютерної техніки. За цей час змінилися декілька поколінь мікросхем та процесорів. Цей розвиток відбувався за рахунок постійного зменшення фізичних розмірів окремих мікроелектронних елементів в напівпровідниковому кристалі, що відкривало все нові можливості для збільшення ступеню інтеграції мікросхем та підвищенню їх працездатності. І прогнозовано в 2000-х роках темпи розвитку мікроелектроніки помітно зменшилися оскільки технологічний процес виробництва мікросхем досяг так званої «напівпровідникової межі». Виявлялося, що подальше збільшення швидкодії та потужностей великих мікросхем технічно і фінансово дуже важко реалізувати за рахунок лише зменшення розмірів транзисторів. Крім того у розробників виникли проблеми з фізичними принципами роботи окремих напівпровідникових елементів дуже малих розмірів (менше за 100 нм). При радикальному зменшенні лінійних розмірів відбувається реальна зміна якості роботи, так як властивості самих електричних сигналів в наносвіті виявляються суттєво іншими, ніж в мікросвіті. Електричний струм не можна представляти у вигляді «електронного газу», оскільки в наносвіті на перший план виходить квантованність електричного заряду.

1.2.5 П'ятий етап розвитку електроніки : наноелектроніка

Криза напівпровідникової електроніки та перехід до електронних елементів з розмірами $\sim 10^{-9}$ нм починаючи з 1990-х років поклато початок новому етапу розвитку електроніки – наноелектроніці. У свою чергу це визначело розвиток потужного напряму теоретичної та експериментальної науки – нанотехнології.

Головною особливістю наноелектроніки є не просте

механічне зменшення розмірів, а перехід до нових технологій створення та керування окремих елементів, що працюють на основі квантових ефектів. При простому переході від мікро- до нанорозмірів традиційної напівпровідникової електроніки з'являються квантові явища, що зазвичай заважають. Наприклад, робота транзистора ускладнюється через появу тунелювання носіїв заряду. А в наноелектроніці такі електронні квантові ефекти навпаки стають основою роботи окремих елементів та систем.

В твердотільній наноелектроніці крім традиційних напівпровідникових матеріалів активно почали використовувати інші сполуки та структури. Особливо поширилися вуглецеві наноструктури у вигляді нанотрубок, фулеренів та графену. Так перші працюючі прототипи нанотранзисторів були створені у 2001 р. фірмою «АйБіЕм». В 2011 р., фізики з Техаського університету зібрали польовий транзистор з нанодротів. У 2013 р. з'явилися повідомлення про створення цілих інтегральних схем на основі графену.

Як альтернатива вуглецевій наноелектроніці розвиваються та впроваджуються у виробництво різні види функціональної електроніки : оптоелектроніка, магнітоелектроніка, спінтроніка, кріотроніка, молекулярна, хімічна електроніка. В основі роботи елементів функціональної електроніки використовуються неелектронні процеси та явища, наприклад, поширення, генерування та поглинання квантів світла у різних середовищах, взаємодія магнітних полів з твердими тілами, хімічні реакції тощо.

На даний момент (2010-ті та 2020-ті рр.) можна говорити, що основу нового етапу розвитку електроніки остаточно ще не сформовано. Паралельний розвиток багатьох напрямків електроніки відбувається стрімко і переможцем виявиться найбільш вдала, енергетичновигідна та економічно конкурентоспроможна технологія, що зможе задовольнити постійно зростаючі потреби інформатизації людства.

РОЗДІЛ 2 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ В ЕЛЕКТРОНІЦІ

2.1 Поняття та визначення в електроніці

2.1.1 Основні визначення

Потрібно чітко розрізняти два різних поняття які часто плутають : «електрика» та «електроніка». Це дуже схожі емкісні загальні назви цілих галузей знань науки і техніки. Вважається, що електроніка це складова частина електрики.

У самому загальному визначенні *електроніка* – це галузь науки і техніки, що вивчає :

- фізичні явища та процеси, пов'язані з утворенням, зміною концентрації і переміщенням заряджених часток в різноманітних середовищах (вакуум, тверде тіло, газ, плазма) та на їх границях;
- методи перетворення електромагнітної енергії для передачі, обробки і зберігання інформації;
- електричні характеристики та параметри електронновакуумних, іонних, напівпровідникових та функціональних приладів;
- властивості пристроїв і систем, у яких застосовуються електронно-вакуумні, іонні, напівпровідникові та функціональні прилади.

Перші два із цих напрямків складає основу *фізичної електроніки*, третій і четвертий – *прикладну електроніку*.

У свою чергу, прикладна електроніка має п'ять головних напрямків : радіоелектроніка, промислова, сенсорна, ядерна та біологічна електроніка.

Радіоелектроніка пов'язана з радіотехнікою, бо є основою радіозв'язку, супутникового зв'язку, телебачення, радіолокації, радіоуправління, радіонавігації, радіоастрономії.

Промислова електроніка пов'язана із застосуванням електронних пристроїв у різних галузях промисловості і обслуговує ці галузі пристроями контролю, керування, вимірювання, перетворення електричної енергії, а також технологічним обладнанням.

Сенсорна електроніка займається розробкою та використанням електронних чутливих елементів сенсорів різних фізичних величин, побудові та обслуговуванні сенсорних та сигнальних систем на їх основі.

Ядерна електроніка пов'язана з процесами отримання, вивчення та використання елементарних часток.

Біологічна електроніка охоплює використання електронних пристроїв у біологічних дослідженнях, особливо в медицині (медична електроніка).

Прикладна електроніка має три складові : інформаційна електроніка, енергетична електроніка, електронна технологія.

Інформаційна електроніка складає основу електронно-обчислювальної та інформаційно-вимірювальної техніки, а також пристроїв автоматики. До неї належать електронні пристрої одержання, опрацювання та зберігання інформації, пристрої керування різними об'єктами та технологічними установками.

Енергетична електроніка пов'язана з питаннями перетворення електричної енергії та пристроями і системами перетворення електричної енергії середньої і великої потужності. Сюди відносять перетворювачі змінного струму в постійний (випрямлячі), постійного струму в змінний (інвертори), перетворювачі частоти, регулятори і т. п.

Електронна технологія забезпечує використання електронних пристроїв у технологічних цілях. Це, наприклад, застосування височастотного генератора для сушіння деревини, нагріву, плавлення та зварювання металів, приготування їжі (НВЧ-піч) тощо.

За фізичними характеристиками середовищ, які

використовуються для реалізації принципів електроніки розрізняють основні її два напрями – вакуумну та твердотільну.

Вакуумна електроніка базується на використанні вакуумного, плазмового або газового середовища як одного із основних елементів електроприладу. До неї іноді відносять *квантову електроніку*, що займається питаннями розробки та функціонування лазерної техніки.

Твердотільна електроніка базується виключно на твердотільних електронних компонентах. Традиційно твердотільною називають *напівпровідникову електроніку* та *мікроелектроніку*. Але твердотільною є і *функціональна електроніка*, що об'єднує такі відгалуження як *оптоелектроніка*, *акустоелектроніка*, *кріоелектроніка*, *спінтроніка*, *хемоелектроніка* та ін.

На сучасному етапі розвитку електроніки формується новий потужний її напрям – *наноелектроніка*. Цей напрям базується на використанні досягнень нанотехнології у сфері створення та дослідження фізичних властивостей функціональних нанооб'єктів.

Електронні пристрої – клас пристроїв, у яких відбувається перетворення електромагнітної енергії, для передачі, обробки та зберігання інформації.

Найхарактерніші види таких перетворень – генерування, підсилення і прийом електромагнітних коливань, а також інфрачервоного, видимого, ультрафіолетового і рентгенівського випромінювань (рис. 8). Робота електроприладів у дуже широкому діапазоні частот можливо завдяки виключно малій інерційності електрона. У електроніці досліджуються взаємодії електронів як з макрополлями у робочому просторі електронного приладу, так і з мікрополлями усередині атома, молекули або кристалічної решітки.

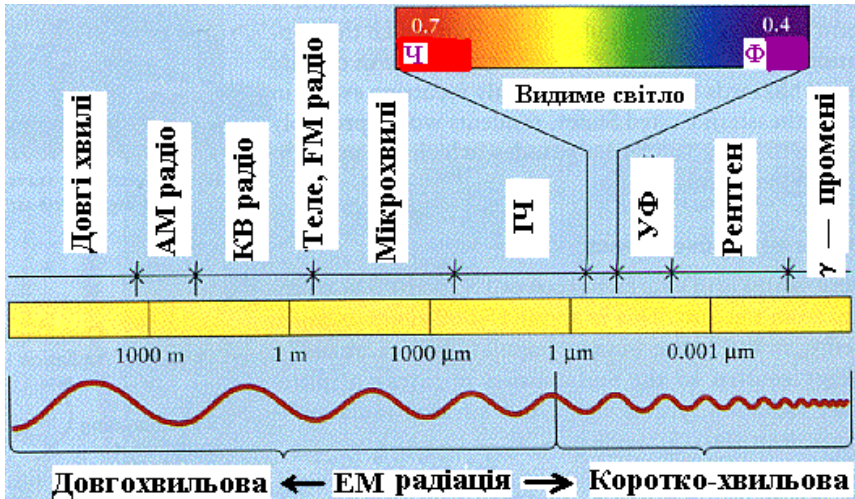


Рисунок 8 – Спектр електромагнітного випромінювання

Електроніка спирається на багато розділів фізики : електродинаміку, класичну і квантову механіку, фізику твердого тіла, оптику, а також на хімію, металургію, кристалографію і інші науки. Використовуючи результати цих і ряду інших галузей знань, з одного боку, ставить перед іншими науками нові завдання, чим стимулює їх подальший розвиток, з іншої – створює нові електронні прилади і пристрої і тим самим озброює науку якісно новими засобами і методами дослідження.

Практичні завдання електроніки : розробка електронних приладів і пристроїв, що виконують різні функції в системах перетворення і передачі інформації, в системах управління, у обчислювальній техніці, а також в енергетичних пристроях; розробка наукових основ технології виробництва електронних приладів і технології, що використовує електронні та іонні процеси і прилади для різних галузей науки і техніки.

Крім визначення основних необхідно мати уявлення про інші поняття, що широко використовуються в електроніці. Розглянемо більш детально деякі із них.

Елемент – самостійна частина, що є основою будь-чого, наприклад системи або множини.

Електричний прилад або *електроприлад* – це технічний пристрій, що приводиться в дію за допомогою електрики і виконує деяку корисну роботу, яка може виражатися у вигляді механічної роботи, виділення теплоти та ін. або призначене для забезпечення роботи інших електроприладів.

Електрична система – безліч взаємопов'язаних об'єктів і ресурсів, організованих процесом системогенеза в єдине ціле і, можливо, протилежне середовищу. Система в системному аналізі – сукупність сутностей (об'єктів) і зв'язків між ними, виділених із середовища на певний час та з певною метою.

Сигнал – це фізичний процес, що містить у собі деяку інформацію. На практиці найчастіше використовуються електричні сигнали. При цьому носієм інформації є змінний у часі струм або напруга в електричному ланцюгу. Електричні сигнали легше обробляти, ніж інші, вони сумісні з різними електронними пристроями. Математична модель подання сигналу, як функції часу, є основоположною концепцією теоретичної радіотехніки. У радіотехніці альтернативою сигналу, який несе корисну інформацію, є шум – зазвичай випадкова функція часу, що взаємодіє (наприклад, шляхом додавання) з сигналом і спотворює його.

Вольт-амперна характеристика (ВАХ) – графік залежності струму через двухполюсник від напруги на цьому двухполюсника. Вольт-амперна характеристика описує поведінку двухполюсника на постійному струмі. Найчастіше розглядають ВАХ нелінійних елементів, оскільки для лінійних елементів ВАХ являє собою пряму лінію і не представляє особливого інтересу.

Електронна схема – це технічний документ, що містить у вигляді умовних графічних зображень чи позначень інформацію про будову виробу, його складові частини та взаємозв'язки між ними, дія якого ґрунтується на використанні електричної енергії.

Вузол ланцюга в електроніці – точка, в якій поєднуються три (або більше) провідника електричного кола. Вузол (поряд з контуром) є базовим поняттям, необхідним при аналізі електричних ланцюгів. Єдиною характеристикою вузла є його потенціал.

2.1.2 Активні і пасивні елементи

Найбільш важливою класифікацією електронних компонент є їх поділ на активні та пасивні.

2.1.2.1 Пасивні елементи

Пасивним елементами в електроніці називають такі елементи що лише пропускають або зберігають електричну енергію.

Приклади пасивних елементів : резистор, конденсатор, індуктивність, трансформатор, кварцовий резонатор, варистор, запобіжник, самовідновлювальний запобіжник, лінія затримки.

Резистор – це найпоширеніший пасивний елемент електричного кола, в ідеалі характеризується тільки опором електричному струму. Тобто для ідеального резистора в будь-який момент часу повинен виконуватися закон Ома для ділянки електричного ланцюга : миттєве значення напруги U на резисторі з опором R пропорційно струму I проходить через нього :

$$U = I \cdot R. \quad (2.1)$$

На практиці резистори в тій чи іншій мірі мають також паразитну ємність, паразитну індуктивність і нелінійну вольт-амперну характеристику.

Основне призначення резистора – обмеження струму в електричному ланцюзі або зниження напруги. Раніше резистор називалися просто опором, оскільки це його фізична властивість. Щоб не плутати електронний елемент з його властивістю опір перейменовували в резистор.

Незважаючи на те, що номіналів резисторів досить багато (рис. 9 а), іноді доводиться їх з'єднувати, щоб отримати необхідну величину опору в електричному ланцюзі. Причин цього декілька : точний підбір при налаштуванні схеми або просто відсутність потрібного номіналу. В основному використовується дві схеми з'єднання резисторів : послідовне і паралельне. Схеми з'єднання показані на рис. 9 б–в. Формула для розрахунку загального опору з'єднаних резисторів послідовно можна записати як :

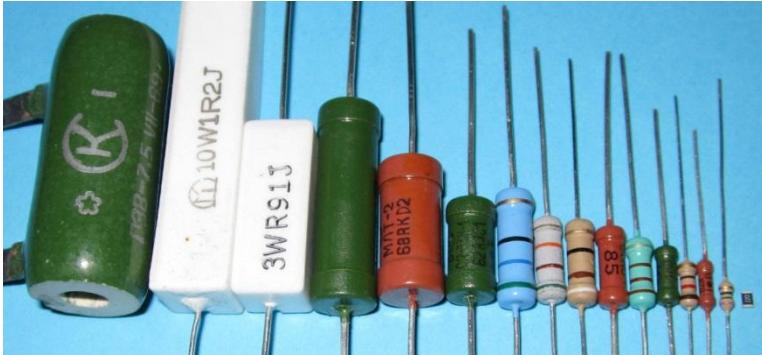
$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n, \quad (2.2)$$

де $R_1 - R_n$ – опір резисторів.

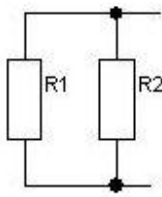
При паралельному з'єднанні використовують іншу формулу :

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}. \quad (2.3)$$

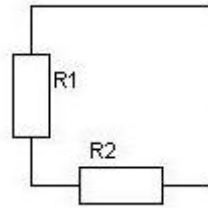
Конденсатор – двополюсник з певним значенням ємності і малою омичною провідністю призначений для накопичення енергії електричного поля під дією напруги U . Конденсатор зазвичай складається з двох електродів у формі пластин (обкладинок), на яких накопичується заряд q , що розділені діелектриком, товщина якого мала в порівнянні з розмірами обкладинок (рис. 10).



а



б



в

Рисунок 9 – Зовнішній вигляд резисторів різного номіналу (а) та паралельна (б) і послідовна (в) схема включення резисторів в електричних схемах

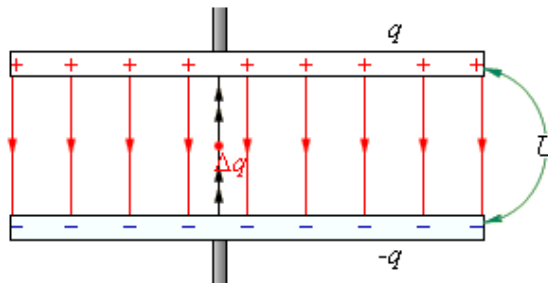


Рисунок 10 – Схематичне представлення улаштування та принципу роботи конденсатора

Робочі характеристики конденсаторів визначаються його конструкцією і використаними матеріалами. Зазвичай конденсатор складається з обкладок, що розташовуються один проти одного, зроблених з струмопровідного матеріалу, і ізолюючого матеріалу (в основному папір і слюда). Але в сучасній електроніці використовують і інші види конденсаторів : електролітичні, керамічні, вакуумні, полімерні і т.д. (рис. 11).

Основна характеристика конденсатора – його ємність C , що у загальному випадку визначається за формулою :

$$C = \frac{q}{U}. \quad (2.4)$$

Для конденсатора ємність можна визначити як :

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}, \quad (2.5)$$

де ε_0 – абсолютна діелектрична проникність вакууму, ε – відносна діелектрична проникність ізолятора, S – площа обкладинки, d – відстань між обкладинками.

Зазвичай конденсатори застосовують для створення електричних ланцюгів з частотно-залежними властивостями, зокрема, фільтрів напруги, ланцюгів зворотного зв'язку, коливальних контурів. Також властивість конденсаторів швидко розряджуватись використовують для отримання імпульсу великої потужності (наприклад, фотоспалах), а здатність тривалий час зберігати заряд – для створення елемента пам'яті або пристрою зберігання електричної енергії (електричних акумуляторів). Також часто конденсатор використовують для створення сенсорів фізичних величин. Зокрема, наприклад, для вимірювання рівня рідини, що заповнює простір між обкладинками, і ємність конденсатора змінюється в залежності від цього рівня.



Рисунок 11 – Зовнішній вигляд конденсаторів різного типу

Котушка індуктивності – гвинтова, спіральна або гвинтоспіральна котушка із згорнутого ізолюваного провідника, що має значну індуктивність при відносно малій ємності і малому активному опорі. Така система здатна запасати магнітну енергію при протіканні електричного струму. Дуже часто для підсилення котушки індуктивності створюють з використанням так званого осердя (рис. 12) з магнітної речовини. В літературі одношарову котушку індуктивності зазвичай називають соленоїдом. В електронній техніці котушки індуктивності прийнято називати дроселем, які розрізняють за потужністю та призначенням (рис.13). Хоча з наукової точки зору дроселем вважаються лише котушки індуктивності, що мають високий опір до постійного струму та малий опір до змінного струму і можуть застосовуватися для побудови електричних схем блоків живлення та фільтрів.

Основна характеристика цього пасивного елементу – індуктивність L , що визначається за формулою :



Рисунок 12 – Зовнішній вигляд котушки індуктивності без (а) та з кільцевим осердям (б) і умовне графічне позначення котушки в електричних схемах (в)



Рисунок 13 – Зовнішній вигляд котушок індуктивності різного типу

$$L = \Phi / I, \quad (2.6)$$

де Φ – магнітний потік, що створює котушка, I – сила струму, що протікає по ній. У самому простому випадку соленоїду ця формула набирає вигляду :

$$L = \mu_0 N^2 S / l, \quad (2.7)$$

де μ_0 – абсолютна магнітна постійна вакууму, N – кількість витків в соленоїді, S – площа поперечного перерізу провідника, l – довжина соленоїда.

2.1.2.2 Активні елементи

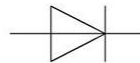
Активні електронні елементи на відміну від пасивних здатні керувати електричною енергією та підсилювати її.

Приклади активних елементів : діод, світлодіод, фотодіод, напівпровідниковий лазер, діодний міст або випрямний діод, тріод або транзистор, мікросхема, мікропроцесор.

Діод – двухелектродний електронний пристрій, що має різну провідність залежно від напрямку електричного струму. Електрод діода, підключений до позитивного полюса джерела струму, коли діод відкритий (тобто має маленький опір), називають анодом, підключений до негативного полюса – катодом. На сучасному етапі розвитку електроніки використовуються напівпровідникові діоди (рис. 14).



а



б

Рисунок 14 – Приклад зовнішнього вигляду (а) та умовне графічне позначення (б) напівпровідникового діода

Внутрішній опір діода (відкритого) – величина непостійна, вона залежить від прямої напруги прикладеного до діода. Чим більша ця напруга, тим більше прямий струм протікає через діод та тим менше його пропускний опір. Судити про опір діода можна по величині зменшення напруги і струму, що тече через нього.

Для більшої ефективності в електроніці зазвичай діоди об'єднані в так звані діодні мости (рис. 15), що представляють собою послідовне підключення чотирьох діодів так щоб два діода із них були включені зустрічно. Діодні мости застосовують для живлення апаратури, в блоках живлення та зарядних пристроях.

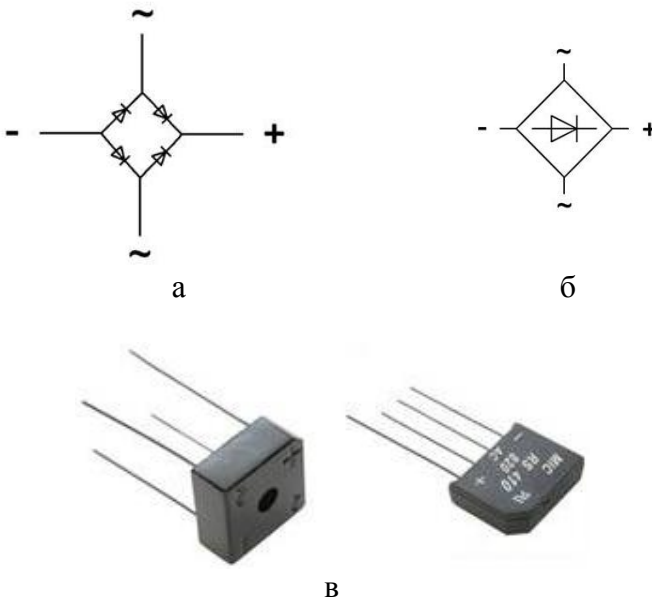


Рисунок 15 – Схема (а), умовне графічне позначення (б) та приклади зовнішнього вигляду (в) діодних мостів

Інший поширений вид діодів – стабілітрон. Він перешкоджає перевищенню напруги вище певного порогу на конкретній ділянці схеми. Цей активний елемент може виконувати як захисні так і обмежувальні функції. Стабілітрони працюють тільки в колах постійного струму. Однотипні стабілітрони можна з'єднувати послідовно для підвищення напруги, що стабілізується. Основним параметром стабілітроном є напруга стабілізації.

В сучасній електроніці поширюється використання оптичелектронних діодів : світлодіодів та фотодіодів. *Світлодіод* випромінює світло при пропусканні через нього електричного струму (рис. 16). Вони застосовуються в пристроях індикації, телефонах для підсвічування дисплея і клавіатури, як джерело світла в ліхтарях і системах освітлення і т.д.

Транзистор – напівпровідниковий елемент з трьома виводами (як правило), на один з яких (колектор) подається сильний струм, а на інший (база) подається слабкий (керуючий) струм (рис. 17). При певній силі керуючого струму, струм з колектора починає текти на третій вивід (емітер). Тобто транзистор – це своєрідний клапан, який при певній силі струму, різко зменшує опір і пропускає струм з колектора на емітер. Якщо до бази не прикладати електричний струм, то транзистор буде знаходитися в урівноваженому стані і не пропускати струм на емітер.

У більшості схем транзистори використовуються як змінний резистор, опір якого змінюється під впливом слабого вхідного сигналу. Однак основне призначення транзистора – підсилення електричного сигналу для швидкої зміни сили струму.

Якщо сили струму в електричному ланцюзі недостатньо для включення транзистора, то використовуються декілька транзисторів з більшою чутливістю, що з'єднані каскадним способом. Потужні транзистори з'єднані в один або кілька

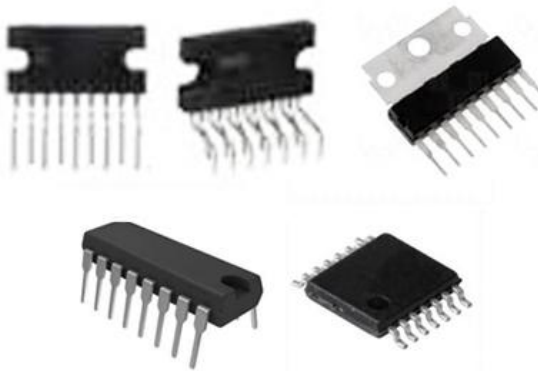


Рисунок 18 –
Зовнішній вигляд
мікросхем різних
типів

мікročіпом. Але все ж таки прийнято розділяти ці поняття. Під чипом розуміють власне кристал або плівку з електронною схемою, а під мікросхемою – чип вкладений в корпус.

Компоненти, що входять до складу мікросхеми, не можуть бути виділені з неї як самостійний виріб, крім того, вони характеризуються деякими особливостями в порівнянні з дискретними наприклад транзисторами або діодами. Особливістю мікросхем є висока складність функцій, що ними виконуються, тому кількість компонентів в одній мікросхемі може обчислюватися сотнями тисяч і навіть мільйонами. За своїм функціональним призначенням мікросхеми поділяються на дві основні групи : аналогові, або лінійно-імпульсні, і логічні, або цифрові. За складністю електронних схем, які в них реалізовані, та кількістю елементів мікросхеми поділяються за ступенем інтеграції.

2.2 Аналогова та цифрова електроніка

2.2.1 Принципи передачі сигналу

Сигнал – це будь-що, що несе інформацію. Світло, звук, температура, швидкість – все це фізичні величини, зміна яких

має для нас певне значення або як процес життєдіяльності, або як технологічний процес.

Можна сказати, що в природі практично всі сигнали – аналогові, тобто вони змінюються безперервно в певних межах. Саме тому перші електронні пристрої були аналоговими. Вони перетворювали фізичні величини в пропорційні їм напругу або струм, виробляли над ними якісь операції і потім виконували зворотні перетворення в фізичні величини. Наприклад, голос людини (коливання повітря) за допомогою мікрофона перетворюється в електричні коливання, потім ці електричні сигнали посилюються електронним підсилювачем і за допомогою акустичної системи знову перетворюються в коливання повітря – в сильніший звук.

У загальному розумінні аналогові електронні пристрої призначені для прийому, перетворення і передачі сигналів, які змінюються за законом безупинної (аналогової) функції. Аналогові пристрої відрізняються простотою, швидкодією, однак мають низьку завадостійкість і нестабільність параметрів при впливі зовнішніх дестабілізуючих факторів, наприклад температури, вологості, часу і т.д.

Однак аналогові сигнали і працюючи з ними аналогова електроніка мають великі недоліки, пов'язані саме з природою аналогових сигналів. Справа в тому, що аналогові сигнали чутливі до дії всіляких паразитних сигналів – шумів, наведень, перешкод.

Шум – це внутрішні хаотичні слабкі сигнали будь-якого електронного пристрою (мікрофона, транзистора, резистора).

Наведення і перешкоди – це сигнали, що приходять на електронну систему ззовні і спотворюють корисний сигнал (наприклад, електромагнітні випромінювання від радіопередавачів або від трансформаторів).

Багато фізичних величини людина здатна сприймати, як інформацію. Для цього у неї є перетворювачі – органи чуття, які різноманітні зовнішні сигнали перетворюють в імпульси, що мають електричну природу та потрапляють в головний мозок. При цьому всі види сигналів : світло, звук, температура перетворюються в імпульси однієї природи.

В електронних системах функції органів почуттів виконують датчики (сенсори) які перетворюють всі фізичні величини в електричні сигнали : для світла – фотоелементи; для звуку – мікрофони; для температури – терморезистор або термопара.

Після надходження інформації, людський мозок на основі обробки цієї інформації віддає управляючі дії м'язам та іншим механізмам. Аналогічно в електронних системах електричні сигнали керують електричною, механічною, тепловою та іншими видами енергії за допомогою електродвигунів, електромагнітів, електричних джерел світла.

При використанні як носія інформації електричних сигналів можливі дві її форми :

- *аналогова* коли електричний сигнал аналогічний вихідному в кожен момент часу, тобто безперервний у часі (рис. 19 а). Температура, тиск, швидкість змінюються по безперервному закону – датчики перетворюють ці величини в електричний сигнал, який змінюється по такому ж закону (аналогічний). Величини, представлені в такій формі, можуть приймати нескінченно багато значень в певному діапазоні;

- *дискретна* (імпульсна і цифрова) коли сигнал являє собою послідовність імпульсів, в яких закодована інформація (рис. 19 б). При цьому кодуються не всі значення, а тільки в конкретні моменти часу. Цей процес отримав назву *дискретизація сигналу*.

Різновид дискретного режиму – це *імпульсний режим*, коли короткочасний сигнал чергується з паузою.

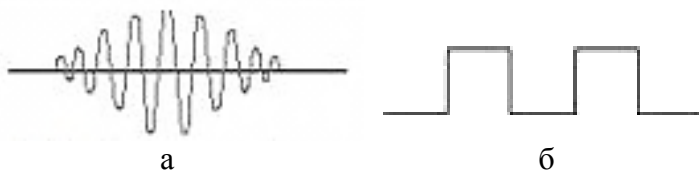


Рисунок 19 – Аналогова (а) та цифрова (б) форма сигналу

У порівнянні з безперервним (аналоговим) дискретний режим роботи має ряд переваг :

- більші значення вихідної потужності всього цифрового електронного пристрою і більш високий коефіцієнт корисної дії;
- підвищення завадостійкості, точності і надійності електронних пристроїв;
- зменшення впливу температур і розкиду параметрів приладів, так як робота здійснюється в двох режимах «увімкнено»-«вимкнено»;
- реалізація імпульсних пристроїв на однотипних елементах, легко виконуваних методом інтегральної технології (на мікросхемах).

Але не зважаючи на всі переваги цифрової електроніки аналогові електронні прилади потрібні, оскільки наш навколишній світ аналоговий. Людине може взаємодіяти з електронікою лише в аналоговій формі.

Для переходу від однієї форми сигналу і іншу існують спеціальні перетворювачі – цифро-аналогові (ЦАП) та аналогово-цифрові (АЦП). На рис. 20 приведена функціональна схема електронної системи з використанням обох перетворювачів для фіксації, обробки та відтворення аудіосигналу.

Процес дискретизації (кодування, «оцифровки») сигналу АЦП може відбуватися різними способами. На рис. 21 представлені способи кодування безперервного сигналу

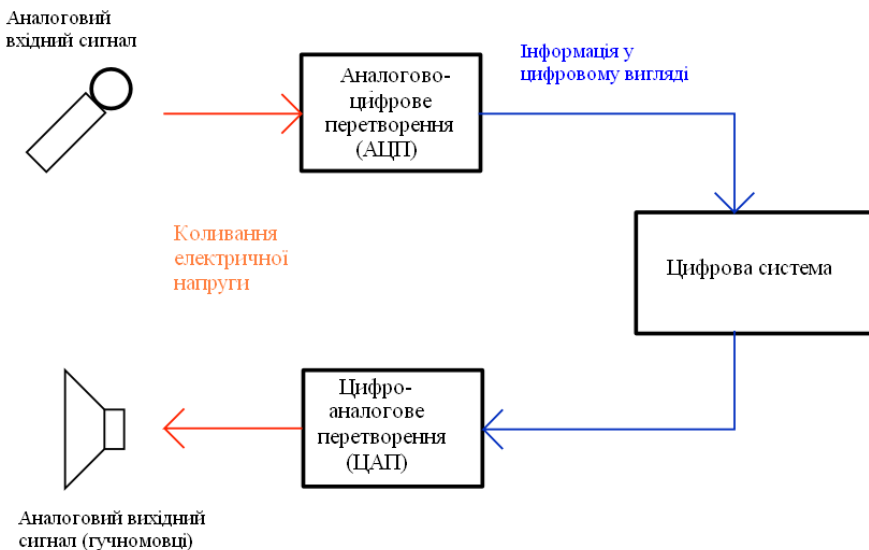


Рисунок 20 – Приклад цифро-аналогової системи передачі аудіосигналу

прямокутними імпульсами, що отримав назву модуляції. Розрізняють три основні види модуляції :

- амплітудно-імпульсна модуляція (АІМ), коли амплітуда імпульсів пропорційна вхідному сигналу (рис. 21 б);

- широтно-імпульсна модуляція (ШІМ), коли ширина імпульсів пропорційна вхідному сигналу, амплітуда і частота імпульсів постійні (рис. 21 в);

- частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ), коли вхідний сигнал визначає частоту проходження імпульсів, які мають постійну тривалість і амплітуду (рис. 21 г).

У самому загальному випадку цифровий режим роботи – це коли інформація передається у вигляді числа, якому відповідає певний набір імпульсів (цифровий код) при цьому важлива тільки наявність або відсутність імпульсу.

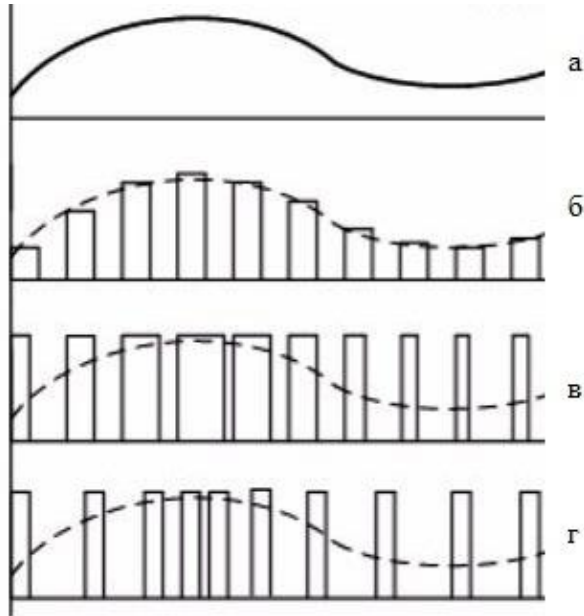


Рисунок 21 – Способи модуляції сигналу : а – без модуляції, б – АМ, в – ШІМ, г – ЧІМ

Цифрові пристрої найчастіше працюють тільки з двома значеннями сигналів – нулем «0» (зазвичай низький рівень напруги або відсутність імпульсу) і «1» (зазвичай високий рівень напруги або наявність прямокутного імпульсу) тобто інформація представляється в двійковій системі числення.

Це обумовлено зручністю створення, обробки, зберігання та передачі сигналів, представлених у двійковій системі : ключ замкнутий – розімкнуть, транзистор відкритий – закритий, конденсатор заряджений – розряджений, магнітний матеріал намагнічений – розмагнічений і т.д.

Цифрова інформація представляється двома способами :

- потенційним, коли значенням «0» і «1» відповідають низький і високий рівні напруги;

- імпульсним, коли двійковим змінним відповідає наявність або відсутність електричних імпульсів в певні моменти часу.

Інформація в цифрових пристроях може бути представлена в *послідовному* і *паралельному* кодах. При використанні послідовного коду кожен такт відповідає одному розряду двійкового коду. Номер розряду визначається номером такту, який починається від такту, що збігається з початком коду. При першому способі сигнал зберігає низький або високий рівні протягом одного або декількох тактів. У моменти переходу сигналу від одного рівня до іншого його значення є невизначеним. При імпульсному способі подання цифрової інформації значення двійкової змінної відповідає наявності або відсутності імпульсу кінцевої тривалості. При послідовному коді числа всі його розряди можуть бути зафіксовані на одному елементі і передані по одному каналу передачі інформації. і для передачі всього числа потрібно декілька тактів.

2.2.2 Класифікація аналогових та дискретних електронних пристроїв

Електроніка поділяється на аналогову і дискретну та комбіновану.

Прикладом аналогового приладу є аналоговий тип радіоприймача. *Аналогова електроніка* потребує різноманітних електронних схем : генераторів, підсилювачів, модуляторів та демодуляторів. Радіоприймач отримує від антени модульований електричний сигнал широкого набору частот. Він фільтрує сигнал, виділяючи певну частоту, підсилює його, демодулює, перетворює в сигнал частоти звукового діапазону й передає на динамік для відтворення звуку.

Схеми аналогових приладів зазвичай будуються із стандартних блоків, які виконують певну функцію. Кількість

розроблених аналогових схем величезна – від окремих елементів, до схем, що включають тисячі елементів.

Цифрова електроніка трактує сигнал як дискретний, найчастіше виділяючи тільки два стани – наявність і відсутність сигналу. Часто вхідний сигнал аналоговий, тому першою стадією його обробки в цифрових схемах є дискретизація. Цифрова електроніка використовує інший тип електронних схем – тригери, мультівібратори, особливістю яких є перемикання між різними дискретними станами.

Вершиною цифрової електроніки є програмована цифрова електроніка, яка дозволяє задавати правила обробки сигналу за допомогою програми – певного набору інструкцій, що зберігаються на носії інформації і можуть змінюватися програмістом. Розвиток програмованої цифрової електроніки відкрив еру інформаційних технологій.

Дискретні електронні пристрої призначені для прийому, перетворення і передачі електричних сигналів, представлених в дискретній формі. Такі пристрої відрізняються високою завадостійкістю, невеликою споживаною потужністю і вартістю.

В свою чергу дискретні електронні пристрої розділяють на імпульсні та цифрові.

Імпульсні електронні пристрої формують імпульсну послідовність сигналів. Процес перетворення аналогової інформації в послідовність імпульсів носить назву імпульсної модуляції. На практиці широко використовується амплітудна, широтно-імпульсна і фазо-імпульсна модуляція.

Цифрові електронні пристрої отримали дуже широке поширення завдяки високій надійності, високій завадостійкості, можливості тривалого зберігання інформації без її втрати; енергетичної сумісності та інтегральної технологічності елементної бази.

У ряді електронних пристроїв має місце аналогова і цифрова інформація. Такі пристрої відносяться до комбінованих електронним пристроям.

Аналогові електронні пристрої : електронні підсилювачі, операційні підсилювачі, комутатори, компаратори, стабілізатори напруги і т.д.

Імпульсні електронні пристрої : мультивібратори, одновібратори, тригери, блокінг-генератори, функціональні перетворювачі, генератори пилоподібної напруги, таймери і т.д.

Цифрові електронні пристрої : логічні елементи, тригери, регістри, лічильники, дешифратори, шифратори, мультиплексори, демультиплексори, суматори і т.д.

Комбіновані електронні пристрої : аналого-цифрові перетворювачі та цифро-аналогові перетворювачі.

Залежно від способу введення і виведення інформації цифрові пристрої підрозділяються на послідовні, паралельні і послідовно-паралельні.

Послідовним називається пристрій, в якому вхідні сигнали надходять в прилад, а вихідні сигнали знімаються з виходу приладу послідовно розряд за розрядом.

Пристрій називається *паралельним*, якщо вхідні сигнали подаються на вхід, а вихідні сигнали знімаються з виходу одночасно.

У *послідовно-паралельних* пристроях вхідні і вихідні сигнали представлені в різних формах. Або на вхід сигнали надходять послідовно сигнал за сигналом, а з виходу вони знімаються одночасно, або навпаки.

За принципом дії всі цифрові пристрої поділяються на два класи : комбінаційні і послідовні (накопичувальні).

Комбінаційними цифровими пристроями називаються пристрої, вихідні сигнали яких визначаються тільки діючими в даний момент вхідними сигналами і не залежать від внутрішнього стану пристрою.

Послідовними пристроями називаються цифрові пристрої, вихідні сигнали яких залежать не тільки від вхідних сигналів, але і від внутрішнього стану пристрою. Цей тип пристроїв часто називають цифровими автоматами.

Всі цифрові пристрої будуються з логічних мікросхем, кожна з яких обов'язково має наступні виводи (або, як їх називають «ніжки») :

- виводи живлення : загальний (або «земля») і напруги живлення (у більшості випадків +5 В або +3,3 В), які на схемах зазвичай не показуються;

- виводи для вхідних сигналів (або «входи»), на які надходять зовнішні цифрові сигнали;

- виводи для вихідних сигналів (або «виходи»), на які видаються цифрові сигнали з самої мікросхеми.

Відомі також пристрої змішаного типу, в яких, наприклад, вхідний сигнал представляється в паралельній формі, а вихідна - в послідовній (це перетворення коду).

За схемним рішенням і характером зв'язку між вхідними і вихідними змінними з урахуванням їх зміни по тактам роботи розрізняють комбінаційні і послідовні цифрові пристрої. В комбінаційних пристроях сукупність сигналів на входах і виходах в кожен конкретний момент часу повністю визначені вхідними сигналами, діючими в цей момент на його входах.

Паралельність це один з базових принципів функціонування цифрових пристроїв. Кожен новий двійковий сигнал подається на всі входи схеми паралельно. При подачі на схему чергового довічного набору обчислення нових значень сигналів на виходах елементів схеми здійснюється по мірі зміни сигналів на елементах попередніх рангів, тобто паралельно. Але програми логічного моделювання реалізуються як користувацькі додатки на звичайних «послідовних» комп'ютерах, в яких обробка елементів відбувається послідовно один за одним. Для імітації паралельності роботи схеми застосовують або ранжування

схем, тобто розстановку елементів схем по рівнях спрацьовування, або спеціальні способи аналізу сигналів в часі за допомогою послідовності тразакцій, тобто сигнали в схемах представляються парою «значення-час».

Електричні схеми не можуть миттєво реагувати на зміну вхідних сигналів. Це обумовлено тим, що фізичним пристроям, таким як транзистори, потрібен час для перемикання з одного логічного значення на інше. Отже, зміна значення сигналу на вході логічного елемента не призведе до миттєвого зміни значення вихідного сигналу, тобто буде потрібно якийсь час на те, щоб подія зі входів елемента поширилося до його виходів. Такий період часу прийнято називати *затримкою елемента*. Електричний струм, що передає сигнал по дротах, також тече з деякою кінцевою швидкістю. Таким чином, в реальності передача сигналів по шинах відбувається із затримкою, і її величина залежить від довжини проводу. Цю затримку можна ігнорувати, особливо в високошвидкісних, надшільних схемах. Важливо зауважити, що лінії мають значно менші затримки, ніж елементи і в багатьох системах моделювання затримки ліній ігноруються. Методи моделювання, в яких затримки елементів не рівні «0», прийнято називати асинхронним, на відміну від синхронних методів, у яких затримка рівна «0». Перевагами синхронних методів моделювання є їх висока швидкодія (в середньому в 5-10 разів вище, ніж у асинхронних методів).

2.3. Принципи побудови електронних схем

2.3.1 Види електричних схем

Схемою називають конструкторський документ, на якому показані у вигляді умовних позначень складові частини виробу і зв'язки між ними. Схемами користуються в багатьох галузях промисловості як робочою конструкторською

документацією при монтажі виробів електротехніки і електроніки, електричних мереж, в інструкціях з експлуатації та ремонту, для пояснення принципу дії різних пристроїв, їх налаштування і регулювання, усунення несправностей, розрахунках виробів і в багатьох інших випадках.

Залежно від основного призначення схеми поділяються на наступні типи : загальні, структурні, функціональні, принципові, об'єднані, схеми з'єднань, підключення, розташування.

Перераховані типи схем можна розділити на дві основні групи :

- схеми, що відображають хід робочого процесу в пристрої з більш-менш детальним роз'ясненням засобів, які забезпечують необхідний процес;
- схеми, що відображають взаємне розташування окремих частин пристрою, а також наявність і характер зв'язку між ними.

Електрична схема – це технічний документ, що містить у вигляді умовних графічних зображень чи позначень інформацію про будову виробу, його складові частини та взаємозв'язки між ними, дія якого ґрунтується на використанні електричної енергії.

Структурні електричні схеми розробляються на першому етапі проектування. На структурних схемах зображуються основні елементи. Ця схема дає загальну уяву про роботу електроустаткування і позначаються у шифрі основного напису символами Е1.

2.3.2 Принципові електричні схеми

Принципові електросхеми розділяються на два типи. Перший тип (повна принципова схема) служить для відображення силових мереж. В залежності від призначення креслення, на схемі можуть знаходитися окремо кола живлення і розподілу мереж, так і їх суміщені зображення. На

основі повної принципової схеми створюються «локальні» принципові електричні схеми – другий тип, що включає в себе зображення окремих об'єктів, наприклад, принципова схема телефонного запобіжника (рис. 22).

Схема електрична принципова – графічне зображення, за допомогою умовних графічних і буквенно-цифрових позначень, зв'язків між елементами електричного пристрою (рис. 23). Схема електрична принципова, не показує взаємного (фізичного) розміщення елементів, а лише вказує на те, які елементи з якими з'єднуються. Зазвичай, при розробці електронного пристрою, процес створення схеми електричної принципової є проміжною ланкою між стадіями розробки функціональної схеми і проектуванням друкованої плати. Принципова схема є найповнішою електричною схемою виробу, на якій зображають всі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення і контролю електричних процесів, і всі електричні зв'язки між ними, а також електричні елементи, якими закінчуються вхідні і вихідні ланцюги.

До складу принципової схеми входять : умовні графічні позначення електричних елементів і електричні зв'язки між ними; позиційні літерно-цифрові позначення електричних елементів; написи, що характеризують вхідні і вихідні ланцюги; перелік елементів.

При складанні принципових електричних схем слід враховувати наступні фактори :

- всі елементи електричного пристрою показуються окремо і розміщуються в різних місцях схеми в залежності від порядку виконуваних дій;

- на електросхемі показуються всі електричні зв'язки елементів, що входять в неї;

- при створенні схеми слід використовувати мінімально можливу кількість елементів, тим самим підвищуючи надійність обладнання;

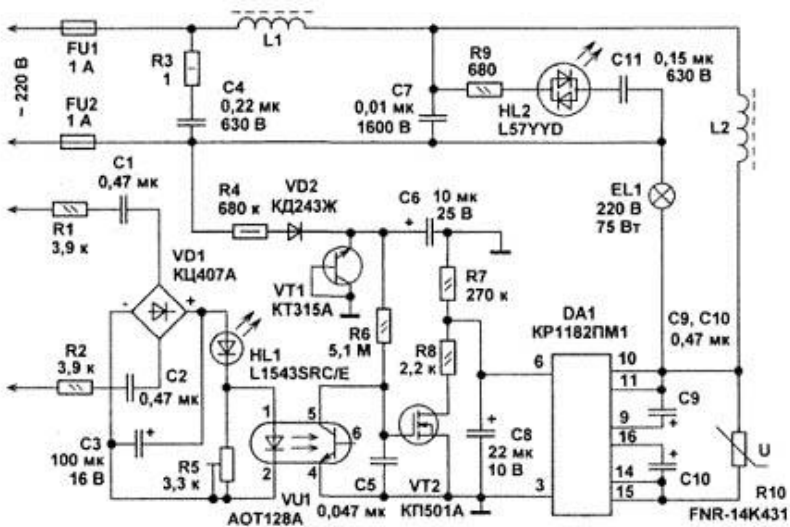


Рисунок 22 – Приклад принципової електричної схеми телефонного запобіжника

- слід використовувати засоби електричного захисту і блокування, які допоможуть уникнути аварійних ситуацій;
- для зручності монтажу всі затискачі елементів і проводи на схемі маркуються.

Всі елементи на схемі повинні бути визначені однозначно. Для цього дані про елементи записують в таблицю, яку заповнюють зверху вниз і розміщують на першому аркуші, або виконують у вигляді самостійного документа на форматі А4. Кожний елемент схеми повинен мати позиційне позначення, яке включає в себе позначення літерою та порядковий номер.

Наприклад, позначення літерою : резистор – R, конденсатор – С, котушка індуктивності – L, амперметр – А, вольтметр – V, генератор – Г, діод напівпровідниковий – Д,

дросьель – Др, кнопка – Кн, прилад електронний – Л, двигун – М, запобіжник – Пр, реле – Р, триод напівпровідниковий – Т, трансформатор – Тр і т.д. Позиційне позначення виконують поряд з умовним знаком праворуч від нього або над ним. Порядкові номери призначаються відповідно до послідовності розташування елементів зверху вниз і зліва направо.

2.3.3 Умовні графічні позначення

При кресленні принципів електричних схем використовують лише стандартні умовні графічні позначення окремих електронних компонент та вузлів. На рис. 23 приведений для прикладу умовне графічне позначення найпростішого пасивного електронного елемента – резистора. Для зручності в принципів електричних схемах можна використовувати масштаб.

Умовні графічні позначення є засобом передачі інформації про функцію і будову схем, а також про функціональні властивості елементів і пристроїв. Приклад деяких основних умовних графічних позначень приведено в табл. 2.

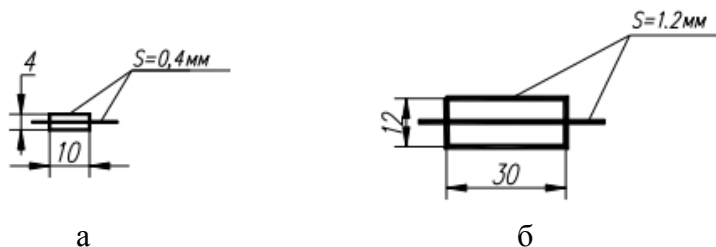


Рисунок 23 – Приклад умовного графічного позначення резистора у натуральну величину (а) та у збільшеному масштабі 1 :3 (б)

Таблиця 2 – Умовні графічні позначення електронних елементів

№	Умовне графічне позначення	Назва
1	2	3
1		Транзистор структури р-п-р у корпусі
2		Транзистор структури п-р-п у корпусі
3		Польовий транзистор із р-п - переходом і п каналом
4		Польовий транзистор із р-п - переходом і р каналом
5		Одноперехідний транзистор з базою п-типу(б1, б2 - виводи)
6		Фотодіод
7		Випрямний діод
8		Лавинний випрямний діод
9		Теплоелектричний діод
10		Діодний тиристор
11		Стабілітрон
12		Триодний тиристор










Продовження табл. 2

1	2	3
13		Світлодіод
14		Тунельний діод
15		Фоторезистор
16		Реостат (змінний резистор)
17		Змінний резистор
18		Резистор
19		Конденсатор постійної ємності
20		Поляризований конденсатор постійної ємності
21		Оксидний поляризований електролітичний конденсатор
22		Прохідний конденсатор
23		Конденсатор змінної ємності
24		Підстроювальний конденсатор
25		Варикап
26		Обмотка (трансформатора, магнітного підсилювача й т.д.)
27		Робоча обмотка магніту

Продовження табл. 2

1	2	3
28		Керуюча обмотка магнітного підсилювача
29		Трансформатор без сердечника з постійним зв'язком
30		Трансформатор з магнітніодіелектричним сердечником
31		Котушка індуктивності
32		Однофазний трьохобмотковий трансформатор
33		Однофазний автотрансформатор із регулюванням напруги
34		Лінія електричного зв'язку з одним відгалуженням
35		Лінія електричного зв'язку із двома відгалуженнями
36		Два проводи, підключених до однієї точки електричного з'єднання
37		Чотири проводи, підключених до однієї точки електричного з'єднання
38		Контакт розбірного з'єднання
39		Контакт нерозбірного з'єднання
40		Група гальванічних елементів, акумулятор

Продовження табл. 2

1	2	3
41		Запобіжник
42		Запобіжник-вимикач
43		Запобіжник-роз'єднувач
44		Рознімне контактне з'єднання
45		Штир рознімного контактного з'єднання;
46		Лампа розжарювання
47		Електричний дзвінок
48		Коаксіальний кабель
49		Підсилювач

Для компактності схеми, а також при великій насиченості схеми умовними графічними позначеннями, допускається всі позначення пропорційно зменшувати : при цьому просвіт між двома сусідніми лініями УГП повинен бути не менше 1,0 мм.

Для забезпечення одноманітності умовних графічних позначень, а також для простоти їх побудови слід застосовувати основну фігуру А (табл. 3 та рис. 24). Основна фігура - це така геометрична форма, яка за допомогою допоміжних елементів робить можливим визначення

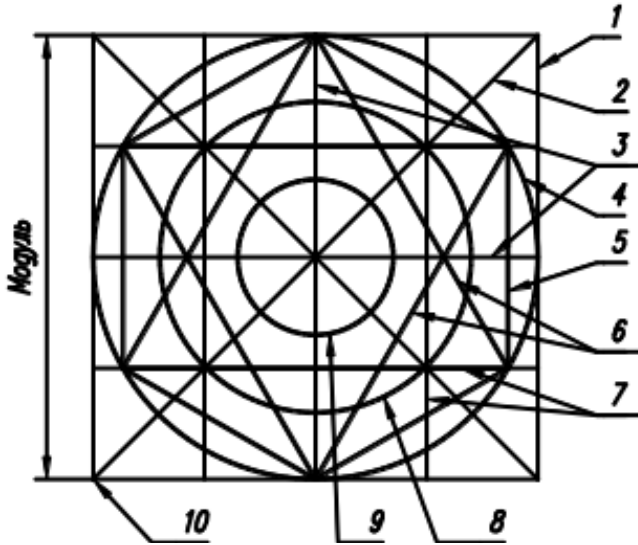


Рисунок 24 – Модуль основної фігури : 1 – основний квадрат з довжиною сторін, рівною модулю; 2 – діагональний хрест; 3 – хрест середніх ліній; 4 – основний круг діаметром, рівним модулю; 5 – шестикутник в основному кругу; 6 – два рівносторонніх трикутника в основному кругу; 7 – растрові лінії з відстанню, рівною 1/4 модуля; 8 – круг діаметром, рівним 2/2 модуля; 9 – круг діаметром, рівним 2/4 модуля; 10 – точка початку координат

Таблиця 3 – Перелік модулів основної фігури

Модуль, мм	Відношення товщини до модуля	Товщина лінії, мм
5	1/20	0,25
7		0,35
10	1/28	0,50
14		0,50
20		0,70

пропорцій графічних символів і є сіткою ліній, що містить прості геометричні елементи. Прості геометричні елементи основної фігури квадрати, кола, трикутники, прямі лінії – повинні бути зв'язані між собою не тільки геометрично, але і математичними співвідношеннями. Умовні графічні позначення виконують за допомогою основної фігури так, щоб було можливе застосування простих геометричних елементів. Розміри умовного графічного позначення, а також товщину їх ліній роблять однаковою на всіх схемах даного виробу. Умовні графічні позначення не відображають дійсні розміри елементів, що позначаються, а тільки визначають їх вигляд (тип).

2.3.4 Позиційні літерно-цифрові позначення в електричних схемах

Для однозначного визначення елементів, що входять до складу виробу і зображених на схемі, кожному елементу або пристрою схеми привласнюють літерно-цифрове позиційне позначення (рис. 25).

Позиційне позначення в загальному випадку складається з трьох частин. У першій частині указують вид елементу (пристрої) однією або декількома літерами, наприклад, R – резистор, C – конденсатор (для уточнення виду елементу допускається застосовувати двохбуквенний код, наприклад, для напівпровідникового приладу діоду – VD); у другій частині – порядковий номер елементу або пристрою в межах даного виду, наприклад : R1, R2 ..., R6; C1, C2..., C5; у третій частині допускається вказувати відповідне функціональне призначення, наприклад C2I – конденсатор C2, що використовується як інтегруючий. Позиційні позначення елементам (пристроєм) привласнюють починаючи з одиниці в межах групи елементів (пристроїв) з однаковими позиційними позначеннями, згідно послідовності

розташування елементів на схемі, рахуючи зверху вниз і в напрямі зліва направо.

Цифри порядкових номерів і їх буквені позиційні позначення виконують одним розміром шрифту.

Позиційні позначення проставляють поряд з умовними графічними позначеннями елементів з правого боку або над ними. При зображенні на схемі елементу рознесеним

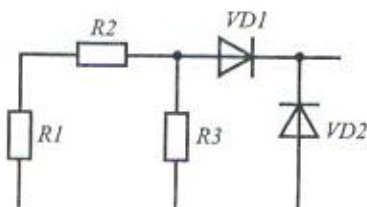


Рисунок 25 – Приклади літерно-цифрових позиційних позначень сполучених елементів електричної схеми

способом позиційне позначення указують біля кожної складової частини (рис. 25). За наявності у виробі декількох однакових елементів, з'єднаних паралельно, допускається замість зображення всіх гілок паралельного з'єднання зображати тільки одну гілку, вказавши їх кількість за допомогою позначення відгалуження. Біля графічного позначення елементу вказують позиційні позначення всіх елементів, що входять у ці з'єднання. У перелік елементи записують в один рядок.

Якщо у виробі є три і більш однакових елемента, з'єднаних послідовно, то на схемі допускається зображати тільки крайні елементи, показуючи електричні зв'язки між ними штриховою лінією, над якою указують загальну кількість однакових елементів. Дані про елементи, що входять до складу виробу і зображені на схемі, записують в перелік елементів, який поміщують на першому листі схеми або виконують у вигляді самостійного документу. У першому

випадку перелік оформляється у вигляді таблиці, що заповнюється зверху вниз. Її розташовують, як правило, над основним написом на відстані не менше 12 мм від неї. Продовження переліку поміщають зліва від основного напису, повторюючи головку таблиці. У другому випадку перелік елементів виконується на форматі А4 з основним написом, з привласненням шифру, що складається з букви П (перелік) і коду схеми, до якої випускається перелік, наприклад : ПЕЗ – (П) перелік елементів до (Е) електричної (З) принципової схеми. У графах переліку елементів приводяться позиційні позначення елементів (пристроїв), найменування елементів (пристроїв) відповідно до документа, на підставі якого цей елемент (пристрій) застосований, а також позначення цього документа, кількість однакових елементів, технічні дані елемента, що не містяться в його найменуванні (при необхідності).

Заповнення переліку проводять групами в алфавітному порядку літерно-цифрових позиційних позначень, якщо на схемі застосовуються позиційні позначення з букв латинського і російського алфавіту, то в перелік спочатку записують елементи з позиційними позначеннями з букв латинського, а потім російського алфавіту. В межах кожної групи, що має однакові буквені позиційні позначення елементи розташовуються за збільшенням порядкових номерів. Між окремими групами елементів рекомендується залишати декілька незаповнених рядків для внесення змін. Елементи одного типу з однаковими електричними параметрами, що мають на схемі послідовні порядкові номери, допускається записувати в перелік елементів в один рядок. При цьому в графу «Поз. позначення» вписують тільки позиційні позначення з найменшим і найбільшим порядковими номерами, наприклад : С2... С6, а в графі «Кіл.» – загальна кількість цих елементів.

РОЗДІЛ 3

РОЗДІЛИ ЕЛЕКТРОНІКИ

До основних розділів електроніки зазвичай відноситься вакуумна, твердотільна, квантова, мікроелектроніка, наноелектроніка, функціональна електроніка у т.ч. оптоелектроніка, кріоелектроніка, магнітоелектроніка, спінтроніка, хемотроніка, акустоелектроніка і т.д. Кожен з цих видів має свою елементу базу та принципи формування та керування потоками заряджених носіїв струму. З розвитком електроніки улаштування та методи формування електронних компонент постійно ускладнювалися. Щоб зрозуміти принципи роботи сучасного електронно-приладу потрібно розібратися з принципами роботи найпростіших електронних приладів починаючи з вакуумних.

3.1 Вакуумна та квантова електроніка

3.1.1 Вакуумна електроніка

3.1.1.1 Фізичні принципи роботи вакуумної електроніки

Вакуумна електроніка базується на таких фізичних явищах як :

- емісійна електроніка, що охоплює питання термо-, фотоемісії, вторинної електронної емісії, тунельної емісії, дослідження катодів і антиемісійних покриттів;
- формування потоків електронів і потоків іонів управління цими потоками;
- генерування електромагнітних полів за допомогою резонаторів, систем резонаторів, уповільнюючих систем, пристроїв введення і виведення енергії;
- електронна люмінесценція (катодолюмінесценція);
- фізика і техніка високого вакууму (його здобуття, збереження і контроль);

- теплофізичні процеси (випар у вакуумі, формозміна деталей при циклічному нагріві, руйнування поверхні металів при імпульсному нагріві, відведення тепла від елементів приладів);

- поверхневі явища (утворення плівок на електродах і ізоляторах, неоднорідностей на поверхнях електроду).

3.1.1.2 Елементна база вакуумної електроніки

Основним елементом вакуумної електроніки є електроракуумний або газорозрядний прилад.

Електроракуумний прилад – електронний прилад, для роботи якого потрібний високий вакуум, або певний газ (іноді спеціальна суміш газів), при визначеному значенні тиску. Це вимагає необхідності ізолювання робочого об'єму від зовнішнього простору спеціальною газонепроникною оболонкою. Такі оболонки мають назву балон або колба і виготовляються зазвичай зі скла або металу (іноді вживаються балони метало-скляного типу).

Залежно від принципу дії електроракуумні прилади поділяють на :

- безрозрядні, коли струм протікає тільки по провідниках, що знаходяться в робочому просторі (освітлювальні лампи, баретери, вакуумні термоелементи та ін.);

- електронні прилади, коли струм виникає як результат направленої переміщення потоку електронів у вакуумі (електронні лампи, електронно-променеві трубки та ін.);

- газорозрядні прилади (тиратрони, газотрони та ін.), коли струм виникає переміщенням іонізованого газу (іонів).

Основні напрями вакуумної електроніки охоплюють питання створення електроракуумних приладів наступних видів : електронних ламп (тріод-пентодів, тетродів, пентодів і т.д.); електронно-променевих приладів (кінескопів, осцилографічних трубок і т. д.); фотоелектронних приладів (фотоелементів, фотоелектронних помножувачів),

рентгенівських трубок; газорозрядних приладів (потужних перетворювачів струму, джерел світла, індикаторів).

Основним електровакуумним приладом є *електровакуумна лампа*. Це електровакуумний прилад, що призначений для різноманітних перетворень електричних величин шляхом утворення потоку електронів та його керуванням. На рис. 26 показаний зовнішній вигляд електровакуумних ламп різних видів.

Найпростіша електровакуумна лампа – це вакуумний діод (рис.27 а). І це перша електронна лампа, яку було створено у 1904 р. Дж. Флемінгом. Основними частинами діода є два електрода, які перебувають у вакуумі : анод (подається додатня напруга) і катод (подається від’ємна напруга). Металевий катод нагрівається електричним струмом до температури, коли в ньому виникає термоелектронна емісія. При високому вакуумі розрідження газу між електродами таке, що довжина вільного пробігу електронів значно перевищує відстань між електродами. За позитивній анодній напрузі електрони рухаються до аноду, викликаючи струм у ланцюзі. При негативній напрузі анода електрони повертаються на катод і струм у ланцюзі відсутній. Отже, електровакуумний діод має односторонню провідність, що використовується при випрямлення змінного струму. Деяка модифікація діода може призвести до розширення його функціональності. Якщо в діод додати ще один додатковий електрод – сітку, то отримаємо електровакуумний тріод (рис.27 б). Саме це і зробив у 1907 р. Д. Лі де Форест. Якщо встановити між катодом і анодом металеву сітку і подати на неї напругу, то можна керувати анодним струмом практично без інерції і з малої енергозатратністю. Властивості тріода посилення і генерування високочастотних коливань зумовили швидкий розвиток радіозв’язку. Саме через це дуже часто в спец. літературі вакуумні лампи називають радіолампами.



Рисунок 26 – Зовнішній вигляд електронних ламп різних типів



Рисунок 27 – Схематичне зображення електривакуумного діода (а) та тріода (б)

У 1913 р. німецький інженер А. Мейснер розробив схему лампового регенеративного приймача і з допомогою тріода отримав незатухаючі гармонічні коливання. Особливо важливим цей винахід став для розвитку військового радіозв'язку, що у свою чергу стимулювало розвиток цивільного зв'язку. Ці електронні генератори дозволили замінити іскрові і дугові радіостанції на лампові, що було непоганим компромісом та практично вирішило проблеми радіотелефонії.

Найпоширеніша електровакуумна лампа – це пентод. Цей пристрій був розроблений у 1930 р. Е. Хелом. На відміну від тріоду пентод має три сітки, що значно підвищує можливий робочі частоти. Саме тому ця електровакуумна лампа набула популярності для реалізації радіомовлення та телебачення до 1970-х років.

Якщо електровакуумний прилад наповнити газом, то можна отримати *газорозрядну лампу*. Це можливо тому, що газове середовище може іонізуватися до стану плазми, що характеризується високою електропровідністю. Ця властивість плазми була використана Е. Хеллом при розробці в 1905 р. газотрона – потужного діода, що наповнений газом. А у 1918 р. німецька фірма «Пінтш» випустила перші промислові лампи тліючого розряду на 220 В для створення індикаторів. На рис. 27 а показані прилади сучасних ламп тліючого розряду, що використовуються для індикації в деяких електронних приладах, наприклад годинників в стилі «Ретро».

В 1921 р. голландська фірма «Філіпс» випустила перші неонові лампи тліючого розряду на 110 В. і вже у 1929 р. з'явилися перші мініатюрні неонові лампи (рис.27 б), що довгий час використовувалися для індикації в рекламах, гірляндах, вимірвальних пристроях і т.д.

Важливим вакуумним приладом також є *електронно променева трубка* (рис.28), що перетворює електричний сигнал в світловий та використовується в системах відображення інформації. Принцип його роботи полягає у тому, що з електронної гармати під дією електростатичного поля виходить потік електронів, що бомбардує внутрішню поверхню покритого люмінофором екрану. Люмінофор під впливом електронів починає світитися, формуючи зображення. На основі електронно променевої гармати був створений *кінескоп* – вакуумний електронно-променевий прилад відображення інформації в телевизорах та моніторах.



а



б

Рисунок 27 – Приклад сучасних ламп тліючого розряду (а) та неонових мініатюрних ламп (б)

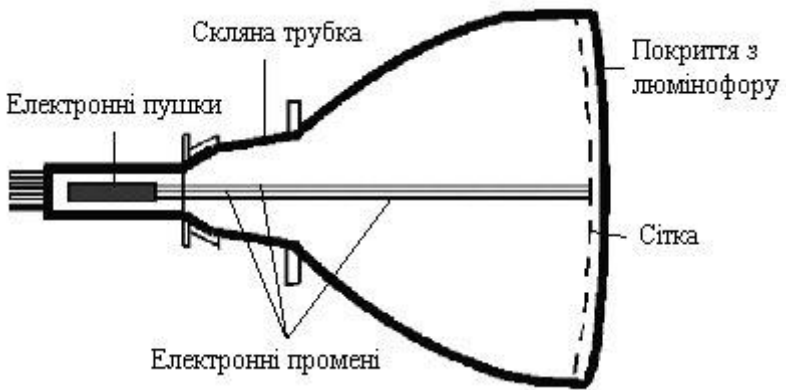


Рисунок 28 – Схема електронно-променевої трубки

Основними недоліками приладів вакуумної електроніки можна назвати : високу енергозатратність (потужність електровакуумних ламп, що використовувалися в побуті, була порядку 1-2 кВт) та велику кількість виділення тепла, крихкість окремих її елементів (скланих колб, прокалених металевих тонких дротів), велику габаритність (середні лінійні розміри вакуумних та газорозрядних ламп склали біля 5-10 см). Це все не дозволяло задовольнити потреби розвитку електронної та обчислювальної техніки. Вирішення цих проблем призвело до популяризації твердотільної напівпровідникової електроніки.

Хоча на сьогоднішній день, не дивлячись на розквіт мікроелектроніки та наноелектроніки, у деяких областях лампи залишаються актуальними (наприклад, апаратура аудіо запису, космічні технології і т.д.). Так виробники електронних вакуумних та газорозрядних ламп перейшли на новий рівень виробництва та виготовляють мініатюрні, міцні та економні варіанти електровакуумних та газорозрядних ламп. Крім того розробки та технології вакуумної електроніки стали у нагоді при розробці енергозощадливих освітлювальних приладів (популярних ксенонових та неонових ламп).

3.1.2 Квантова електроніка

До вакуумної електроніки прийнято відносити і так звану квантову електроніку.

Квантова електроніка – це галузь фізики, що вивчає методи посилення і генерації електромагнітних коливань, засновані на використанні ефекту вимушеного випромінювання, а також властивості квантових підсилювачів і генераторів і їх використання. Практичний інтерес до квантових генераторів світла (лазерам) обумовлений перш за все тим, що вони, на відміну від ін. джерел світла, випромінюють світлові хвилі з дуже високою

спрямованістю і високою монохроматичністю. Квантові генератори радіохвиль відрізняються від ін. радіопристроїв високою стабільністю частоти коливань, що генеруються, а квантові підсилювачі радіохвиль – гранично низьким рівнем шумів.

3.1.2.1 Історія створення лазера та інших приладів квантової електроніки

Передумовою появи лазерів були багаторічні радіофізичні дослідження в радіофізиці в області надвисоких частот та оптиці. Саме розвиток цих галузей забезпечили основні винаходи квантової електроніки.

Спільність радіофізики і оптики, обумовлена спільністю квантової природи електромагнітних хвильових процесів. Важливою особливістю радіоспектроскопічних досліджень (на відміну від оптичних) було використання джерел монохроматичного випромінювання. Тому в радіофізиці існували всі необхідні елементи і передумови для створення першого квантового генератора. У першому приладі – молекулярному генераторі (*мазері*) (рис.29), створеному в 1955 р. одночасно в СРСР (Н. Р. Басов, А. М. Прохоров) і в США (Дж. Гордон, Р. Зейгер, Ч. Таунс), активним середовищем був пучок молекул аміаку NH_3 . Частота генератора з високою мірою точності збігалася з частотою випромінювання збуджених молекул NH_3 і тому була надзвичайно стабільна. Поява молекулярних генераторів відкрила нові можливості в створенні надточного годинника і точних навігаційних систем.

Перший раз люди побачили світло лазера у 1960 р. Т. Мейман, коли в перший раз одержав лазерний промінь, навіть не глянув на нього, оскільки він був направлений на білу дошку для плакатів, що висів на стіні лабораторії, а вчений продовжував уважно дивитися на сам прилад. А його



а



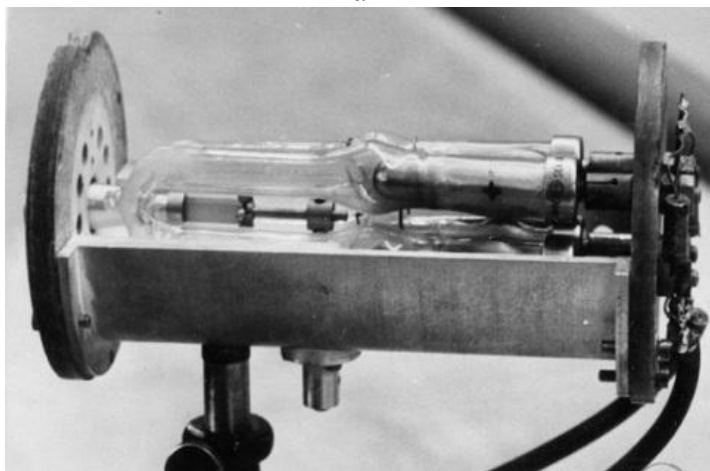
б

Рисунок 29 – Фото першого (а) та сучасного (б) мазера

помічник був дальтоником, що майже зовсім не бачив червоного світла. Як не парадоксально, але цей помічник, І. Д'хененс, і став першою людиною, що побачила живе світло лазера – густо-червона пляму підковоподібної форми. На рис. 30 приведено фото винахідників та першого рубінового лазера. Т. Мейман надрукував коротку статтю про свій винахід в журналі «Нейча». Патент на лазер одержала конкуруюча «Бел Лабз» в 1958 р. не зважаючи на те, що фірма змогла побудувати лазер лише в серпні 1960 р., після того, як Т. Мейман їм усе розповів по телефону. І саме співробітник цієї фірми Ч. Таунс отримав Нобелівську премію за винахід лазера.



а



б

Рисунок 32 – Фото Т.Меймана і І. Д'хененса з першим лазером на рубіні (а) та його робочого об'єму (б)

Як робоча речовина в першому лазері використовувався монокристал рубіна. Джерелом накачування була лампа розжарювання. У режимі вільної генерації великі кристали рубіна при потужному накачуванні дають в імпульсі енергію до 1000 Дж (потужність до 10^6 Вт). Але оскільки ця енергія випромінюється в дуже короткий час, то пікова потужність імпульсу досягає значень 3×10^6 Вт.

Незабаром після рубінового лазера був розроблений перший газовий лазер на суміші атомів неону і гелію у А. Джавані, В. Беннетом та Д. Гарріотом (1960 р., США). Потім Р. Хол та У. Думке (1962 р., США) розробили напівпровідниковий інжекційний лазер. Серед газових лазерів виділяються неоновий лазер і лазер на суміші вуглекислого газу, азоту і гелію (так званий «CO₂ – лазер»), які можуть працювати, як в імпульсному, так і в безперервному режимах. За допомогою неонових лазерів отримані світлові коливання дуже високої стабільності і високої монохроматичності. Хоча коефіцієнт корисної дії цього лазера украй невеликий (0,01%), саме висока монохроматичність і спрямованість його випромінювання зробили цей лазер незамінним.

Потужний CO₂ – лазер був розроблений Д. Пателем (1964 р., США), він генерує інфрачервоне випромінювання з довжиною хвилі 10,6 мкм. Його коефіцієнт корисної дії, що досягає 30%, перевершує коефіцієнт корисної дії всіх існуючих лазерів, що працюють при кімнатній температурі.

Є досить багато напівпровідникових матеріалів, з яких виготовляються лазери в широкому діапазоні довжин хвиль. Найбільш поширеним з них є арсенід галію (GaAs), який при температурі рідкого азоту може випромінювати в безперервному режимі в ближньої інфрачервоної області потужність до 10 Вт при коефіцієнті корисної дії 30%.

3.1.2.2 Елементна база квантової електроніки

Як вже було зазначено, основними приладами квантової електроніки є мазери та лазери.

Лазер (фактично це абревіатура від англійської повної назви приладу «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation» – LASER, що перекладається як «Підсилення світла за допомогою вимушеного випромінювання») – це пристрій для генерування або підсилення монохроматичного світла, створення вузького пучка світла, здатного поширюватися на великі відстані без розсіювання і створювати винятково велику густину потужності випромінювання при фокусуванні (10^8 Вт/см² для високоенергетичних лазерів).

За агрегатним станом активного середовища лазери поділяють : газові; рідинні; твердотільні.

Найбільш розповсюдженою є класифікація лазерів за фізичними особливостями активного середовища : твердотільні, напівпровідникові, волоконні, газові, іонні, молекулярні, рідинні, газодинамічні, хімічні, ексімерні, лазери на центрах забарвлення, фотодисоціаційні, лазери на вільних електронах, рентгенівські, лазери з перебудовою довжини хвилі генерації, раманівські, параметричні.

Подібно до лазера отримав свою назву прилад *мазер* («Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation – MASER, що перекладається як «Посилення мікрохвиль за допомогою вимушеного випромінювання») – квантовий генератор, який випромінює когерентні радіохвилі у сантиметровому чи міліметровому діапазоні (довжина хвилі порядку сантиметра (рис. 8)). Тобто на відміну від лазера мазер не випромінює світлових хвиль, а може випромінювати радіохвилі. Фізичні принципи роботи лазерів і мазерів тотожні. Технічна реалізація цих приладів має відмінності пов'язані лише з особливостями їх застосування.

По виду активного середовища, в якому відбуваються квантове підсилення і генерація електромагнітних хвиль, мазери діляться на два типи : молекулярні генератори, в яких використовує молекулярні пучки, та парамагнітні генератори і підсилувачі, в яких застосовується парамагнітні кристали.

І в мазерах і лазерах для генерації електромагнітних хвиль використовується вимушене випускання квантів електромагнітного випромінювання збуджених атомів і молекули речовини при їх взаємодії з зовнішнім квантом електромагнітного випромінюванням.

3.1.2.3 Застосування лазерів та мазерів

Основні переваги лазерної дії – мала область поширення тепла, відсутність перенесення електричних зарядів і механічного контакту, можливість працювати усередині вакуумних балонів і в агресивних газах. Одним з перших вживань лазерів був вимір відстані до Місяця з більшою точністю, чим це було зроблено радіофізичним методом.

На даний момент лазери застосовують з двох позицій – як джерело когерентного світла, що може поширюватися на великі відстані без втрат (джерела випромінювання в оптоелектроніці, оптичних і вимірювальних приладах, ілюмінації та світлоэффектах та ін.) та як джерело вузьконаправленого високоенергетичного випромінювання (в медицині, лазерних приладах обробки твердих матеріалів).

Нові можливості відкрило вживання лазерів в оптичних лініях зв'язку, у результаті чого виникла нелінійна оптика, вивчає нелінійні оптичні ефекти, характер яких залежить від інтенсивності світла. Методами нелінійної оптики створений новий клас перебудовуваних по частоті джерел когерентного випромінювання в ультрафіолетовому діапазоні. Нелінійні явища в оптиці існують лише у вузькому діапазоні інтенсивностей лазерного випромінювання. При малих

інтенсивностях нелінійні оптичні ефекти відсутні, потім у міру зростання інтенсивності вони виникають, зростають, але вже при потоках інтенсивності 10^{14} Вт/см² всі відомі речовини руйнуються лазерним променем і перетворюються на плазму. Здобуття і дослідження лазерної плазми є одним з найцікавіших вживань лазерів.

Завдяки високій концентрації електромагнітної енергії в просторі і по спектру лазери знаходять широке застосування в мікробіології, фотохімії, хімічному синтезі, дисоціації, каталізі.

Саме застосування лазерів призвело до появи цілої області електроніки – квантової електроніки, що спеціалізується на вивченні роботи лазерів, пристроїв та засобів, що на них впливають (лінзи, діафрагми, фокусуєчі системи, системи гасіння, охолодження тощо (рис. 33)).

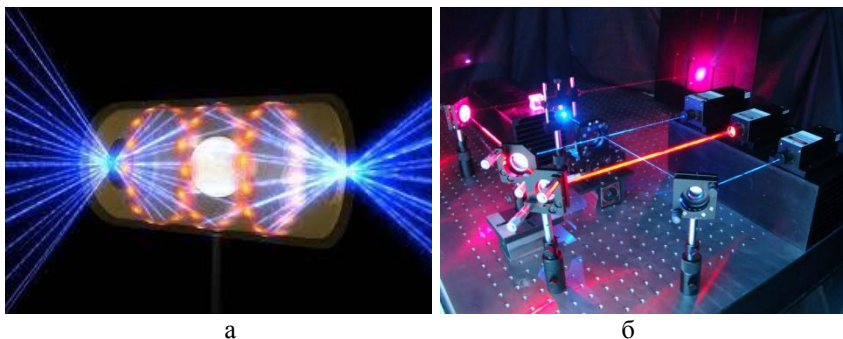


Рисунок 33 – Пристрій для фокусування лазерних променів (а) та лазерна оптична система (б)

Основне застосування мазерів – еталонні генератори радіохвиль, що необхідні для систем радіозв'язку та телекомунікацій. Також еталони частот широко використовують при дослідженнях експериментальної фізики та космічних та квантових технологіях.

3.2 Твердотільна мікроелектроніка

3.2.1 Коло питань твердотільної електроніки

Твердотільна електроніка та мікроелектроніка охоплює наступне коло питань :

- вивчення властивостей напівпровідникових матеріалів, вплив домішок на ці властивості;
- створення в кристалі областей з різною провідністю методами епітаксійного вирощування, дифузії, іонного впровадження (імплантації), впливом радіації на напівпровідникові структури;
- нанесення діелектричних і металевих плівок на напівпровідникові матеріали, розробка технології створення плівок з необхідними властивостями й конфігурацією;
- дослідження фізичних і хімічних процесів на поверхні напівпровідників;
- розробку способів і засобів одержання й виміри елементів приладів мікронних і субмікронних розмірів.

3.2.2 Транзистор як основний елемент твердотільної електроніки

3.2.2.1 Історія появи твердотільного транзистора

Першою відомою спробою створення кристалічного підсилювача зробив фізик із США Ю. Лілієнфельд, що запатентував у 1930 р., 1932 р. та 1933 р. три варіанти підсилювача на основі сульфїду міді. У 1935 р. німецький учений О. Хейл отримав патент на підсилювач на основі п'ятиокиси ванадію. У 1938 р. німецький фізик Р. Поль створив діючий зразок кристалічного підсилювача на нагрітому кристалі бромїду калію. У довоєнні роки в Німеччині й Великобританії було видано ще декілька

аналогічних патентів. Ці підсилювачі можна вважати передумовою появи сучасних польових транзисторів. Однак побудувати стабільний працюючий прилад не вдалося, тому що в той час ще не було достатньо чистих матеріалів та технологій їх обробки. У першій половині тридцятих років точкові тріоди виготовили двоє радіоаматорів – канадець Л. Кайзер і тринадцятирічний новозеландський школяр Р. Адамс. У червні 1948 р. німецькі фізики Р. Поль і Р. Хілш виготовили свій варіант точкового германієвого тріода, який назвали транзитроном. Напочатку 1949 р. було організовано виробництво транзитронів, що застосовувалися у телефонному обладнанні, причому вони працювали краще і довше американських транзисторів.

Але все ж таки перший працездатний точковий транзистор зібрали 16 грудня 1947 р. фізик-експериментатор В. Браттейн та теоретик Дж. Бардін. Через півроку, але до оприлюднення робіт Дж. Бардіна та В. Браттейна, німецькі фізики Г. Матаро і Г. Велкер представили розроблений у Франції точковий транзистор («транзистрон»). Так з безуспішних спроб створити спочатку твердотільний аналог вакуумного тріода, а потім польовий транзистор, народився перший недосконалий точковий біполярний транзистор.

Перші транзистори, що надійшли в продаж в 1948 р., не були досконалими і надійними – варто було їх потрясти, і коефіцієнт посилення змінювався в кілька разів, а при нагріванні вони і зовсім переставали працювати. Але їм не було рівних у мініатюрності.

На зміну точковому прийшли германієві площинні транзистори. Теорію р-n-переходу і теоретичні основи роботи площинного транзистора створив у 1948 – 1950 роках В. Шоклі. Перший площинний транзистор був виготовлений 12 квітня 1950 р. методом вирощування з розплаву. Згодом були створені сплавний транзистор, «електрохімічний» транзистор і дифузійний меза-транзистор.

У 1954 р. «Техас Інструментс» випустила перший кремнієвий транзистор. Відкриття процесу мокрого окислення кремнію зробило можливим випуск в 1958 р. перших кремнієвих меза-транзисторів, а в березні 1959 р. Ж. Ерні створив перший кремнієвий планарний транзистор. Всі виробники перейшли на кремній, а планарний процес став основною технологією виробництва транзисторів і зробив можливим створення монолітних інтегральних схем.

Були створені напівпровідникові прилади для комутації і перетворення великих струмів, що істотно змінило електроенергетику, передачу великих потужностей на значні відстані, управління агрегатами, наприклад, у металургії або хімічній промисловості, авіації і ракетній техніці. Разом із силовою електронікою ще швидшими темпами розвивалася напівпровідникова техніка малих сигналів.

3.2.2.2 Характеристики напівпровідникових елементів електроніки

Діод – це двохелектродний електронний прилад, що має різну провідність залежно від напрямку електричного струму. Електрод діода, підключений до позитивного полюса джерела струму, коли діод відкритий (тобто має маленький опір), називають анодом, підключений до негативного полюса, – катодом (рис. 36).

Випрямний перехід, окрім ефекту випрямлення, має й інші властивості, що використовуються для створення різних видів напівпровідникових діодів : випрямних діодів, стабілітронів, тунельних діодів, варикапів та інших (детальніше дивись рис. 37).



Рисунок 36 – Умовне графічне позначення діода

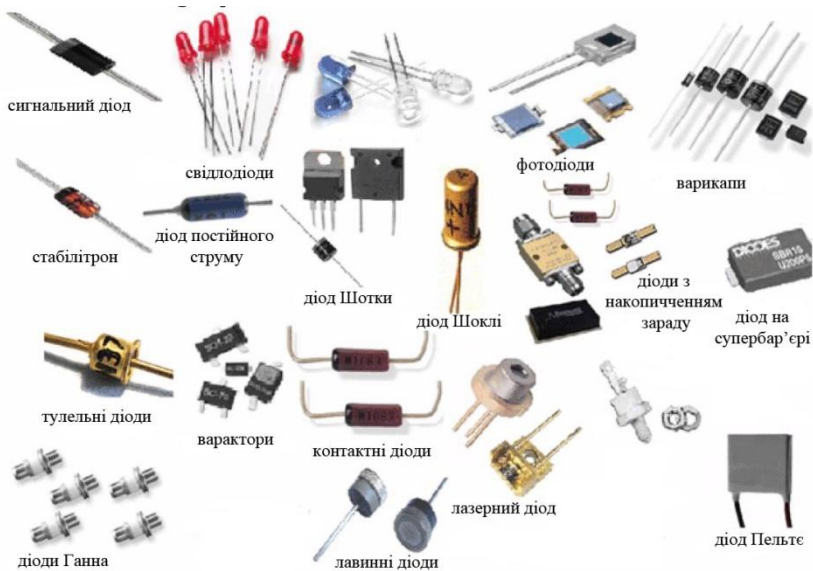


Рисунок 37 – Приклади діодів різних типів

Самий поширений напівпровідниковий елемент в електроніці – це напівпровідниковий тріод, який прийнято називати *транзистором*. У сучасному розумінні транзистор – це напівпровідниковий прилад з двома або більше р-n переходами і трьома або більше виводами, призначений для посилення, генерування та перетворення електричних коливань (рис. 38).

Традиційною планарний транзистор є крихітною кремневою пластинкою, збагаченою домішкою р-типу, що називається підкладкою. У підкладці формуються дві леговані області, збагачені домішкою n-типу. Одна така область називається стоком, а інша – виток.

Найбільш широке застосування знаходять біполярні і польові транзистори. У польових транзисторів керування вихідним струмом проводиться за допомогою електричного поля, звідси і назва, польові. Ці транзистори мають три

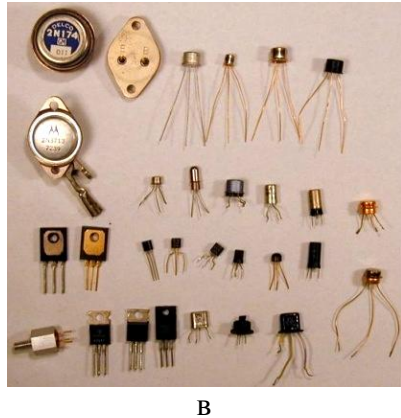
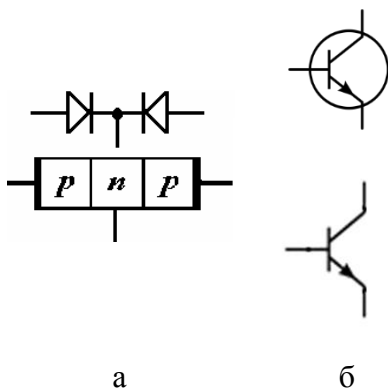


Рисунок 38 – Еквівалентна принципова схема (а), умовні графічні позначення (б) та приклади зовнішнього вигляду (в) біполярних транзисторів

електроди : витік, затвор і стік. Електроди польового транзистора в певній мірі відповідають електродів біполярного транзистора – емітеру, базі і колектору. Перевагою польового транзистора є те, що струм вхідного електроду (затвора) дуже малий. Це визначає високий вхідний опір каскадів на цих транзисторах і тим самим усуває вплив наступних каскадів схеми на попередні. Ще одна перевага цих транзисторів – низький рівень власних шумів, що дає можливість використовувати польові транзистори у перших каскадах високоякісних підсилювачів звукової частоти.

Основна класифікація діодів та транзисторів ведеться по вихідному матеріалу, на основі якого вони зроблені, максимальної допустимої потужності, що розсіюється на колекторі і частотним властивостями. Ці параметри визначають їх основні області застосування. За потужності транзистори ділять на транзистори малої, середньої та великої потужності, а по частоті – низькочастотні,

середньочастотні, високочастотні і надвисокочастотні. По вихідному напівпровідниковому матеріалу – германієві і кремнієві.

3.2.2 Мікроелектроніка

Збільшення кількості робочих компонентів у схеми призвели до ускладнення монтажу та наладки готових електронних схем. Доводилося витратити дуже велику кількість ресурсів на перевірку якості окремих напівпровідникових елементів кількість яких сягала сотні і тисячі в одному готовому приладі. Велика кількість елементів також призвела до ситуації коли заводами виробниками напівпровідникових транзисторів і діодів майже 50 % готової продукції відбракувалося. Виникла гостра потреба у вирішенні цих проблем. Саме ці причини і послугували поштовхом до появи нової галузі електроніки – *мікроелектроніки*, розділу електроніки, пов'язаного з вивченням і виробництвом електронних компонентів, з геометричними розмірами характерних елементів порядку декількох мікрометрів і менше.

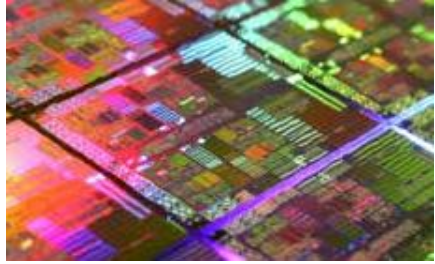
3.2.3.1 Інтегральна схема

Основним елементом мікроелектроніки стала інтегральна схема або як зазвичай їх називають – *мікросхема*. Більш правильно вживати слово «мікросхема» до готового приладу у корпусі (рис. 39 а), а «інтегральна схема» або «чип» - до схеми виготовленої на одному напівпровідниковому кристалі (рис. 39 б).

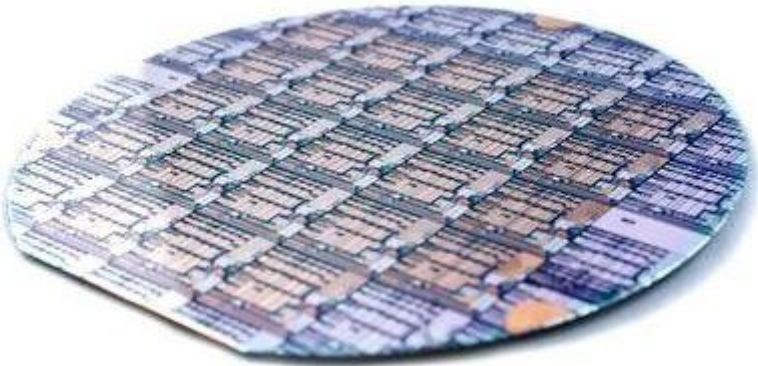
Як вже згадувалося у Розділі 1 перша мікросхема була випущена фірмою «Фейчїлд Семікондактор» в 1961 р. і представляла собою тригер, зібраний із чотирьох біполярних



а



б



в

Рисунок 39 – Зовнішній вигляд готових мікросхем (а), інтегральної схеми на кремнієвому кристалі (б) та пластина кремнію з нанесеними на неї інтегральними схемами в процесі виробництва мікросхем (в)

транзисторів і двох резисторів (рис. 7). З моменту винаходу транзистора до появи мікросхем пройшло всього 13 років. Саме тоді інтегральні мікросхеми стали називатися мікроелектронні пристрої, створені як єдиний виріб, що має високу щільність розташування елементів еквівалентних елементам звичайної схеми. Розробка перших інтегральних схем в 60-ті роки велася вручну. На папері створювалися

креслення принципової електричної схеми. На більших аркушах плівки зі складного полієфіру пошарово реалізовувалися фрагменти проекту, які потім поєднувалися на гігантському аркуші паперу. Перевірка відповідності вихідної принципової схеми й отриманого в такий спосіб проекту топології здійснювалася візуально, спільно всіма співробітниками-дизайнерами. Потім створювався комплект шаблонів для фотолітографії. Для цього кожний шар вручну вирізали зі спеціального паперу й фотографічно його зменшували. Навіть перший мікропроцесор Intel 4004, що містили 2300 транзисторів був спроектований таким.

Найсерйознішою проблемою була відсутність можливості створення фізичного прототипу готового пристрою. Помилки, допущені при проектуванні принципової схеми пристрою, виявлялися тільки після виготовлення інтегральної схеми. При виявленні помилки потрібно було міняти проект, заново створювати комплект фотошаблонів і повторювати весь виробничий цикл, і так по багато разів. Для вирішення цієї проблеми в 70-е роки в університеті Берклі, що входив до числа лідерів розробки засобів комп'ютерного інжинірингу, була розроблена програма «SPICE». На сучасному етапі розробка і планування нової мікросхеми повністю автоматизоване та виконується за допомогою спеціальних програм з використанням потужних обчислювальних машин, що розраховують, тестують і модулюють роботу кожної мікросхеми.

3.2.3.2 Покоління мікросхем

До середини 60-х років ХХ ст. інтегральні схеми містили до 100 елементів, а їх номенклатура стрімко розширювалася. На початку 70-х років ХХ ст. з'явилися перші великі інтегральні схеми, які містили на одному кристалі вже сотні й тисячі елементів розміром від 3 до 100 нм.

Ускладнення функцій мікросхем було досягнуто підвищенням ступеня інтеграції. Розвиток серійного виробництва інтегральних мікросхем йшло такими етапами :

- 1960 – 1969 рр. – інтегральні схеми малого ступеня інтеграції, (10^2 транзисторів на кристалі розміром 0,25 x 0,5 мм);

- 1969 – 1975 рр. – інтегральні схеми середнього ступеня інтеграції (10^3 транзисторів);

- 1975 – 1980 рр. – інтегральні схеми з великим ступенем інтеграції (10^4 транзисторів);

- 1980 – 1985 рр. – інтегральні мікросхеми з понад великим ступенем інтеграції (10^5 транзисторів);

- з 1985 р. – інтегральні мікросхеми з ультравеликим ступенем інтеграції (10^7 і більше транзисторів).

3.2.3.3 Сучасний стан мікроелектроніки

При всіх успіхах мікроелектроніка перестала стрімко розвиватися вже 2000-х роках, а на сьогодні досягла свої межі. Це пов'язано з квантово-механічним бар'єром. Він обмежує подальше збільшення числа компонентів у мікросхемі і тактову частоту її роботи. А від неї значною мірою залежить швидкодія, зокрема комп'ютерів. Крім того, це обмежує обсяг обчислень у прийнятний час.

З 2000-х років дослідниками всіх провідників лабораторій світу ведуться пошуки нових матеріалів та технологій, що можуть замінити кремній або змінити його властивості. Так у 2010 р. лауреатами Нобелівської премії з фізики і хімії стали А. Гейм і К. Новосьолов з Університеті м. Манчестер (Великобританія). Премія була присуджена вченим за дослідження графену – найтоншого у світі матеріалу, завтовшки усього в один атом карбону. Цей матеріал поєднує в собі унікальні властивості : він надтонкий, майже прозорий, має високу міцність і хорошу теплопровідність. Фізично

графен є двомірною решіткою, що складається з одинарного шару атомів карбону.

Графен схожий за своєю будовою на окремих атомний шар у структурі графіту – атоми вуглецю утворюють стільникову структуру з міжатомною віддаллю 1,42 нм. Без опори графен має тенденцію згортатися, але може бути стійким на підкладці. Якщо на поверхню графену нанести металеві контакти, а потім опромінити його світлом, то він може проводити електричний струм. Такий пристрій є простим елементом прямого перетворення світла на електричний струм, своєрідний сонячний елемент. Особливістю його є дуже висока швидкодія, що в сотні разів перевершує традиційні напівпровідникові аналоги. Це пов'язано з дуже високою рухливістю і великою швидкістю носіїв заряду в графені. Основною перешкодою на шляху використання цієї технології в реальних приладах залишалася дуже низька ефективність. Вдавалося використати усього близько 2% падаючого на нього світла, тоді як основна частина електромагнітних хвиль проникає крізь графен і не викликає генерування електричного струму. Фотоелементи на графені можуть серйозно змінити такий знайомий прилад, як телевізор, а з ним і дисплеї комп'ютерів, мобільних телефонів і всіх пристроїв, у яких потрібне відтворення інформації в оптичному вигляді. Насамперед через високу швидкодію та істотне зниження маси і енергоспоживання, а також більшу незалежність від джерел зарядки акумуляторів. Адже сам графеновий екран і буде джерелом електричної енергії як для комп'ютера, так і для мобільного телефону.

Цей матеріал вже спробували як альтернативу традиційному кремнію. Компанія «Інтел» опублікувала результати розробки першої графенової мікросхеми із застосуванням традиційних мікроелектронних технологій її виготовлення (рис. 40).

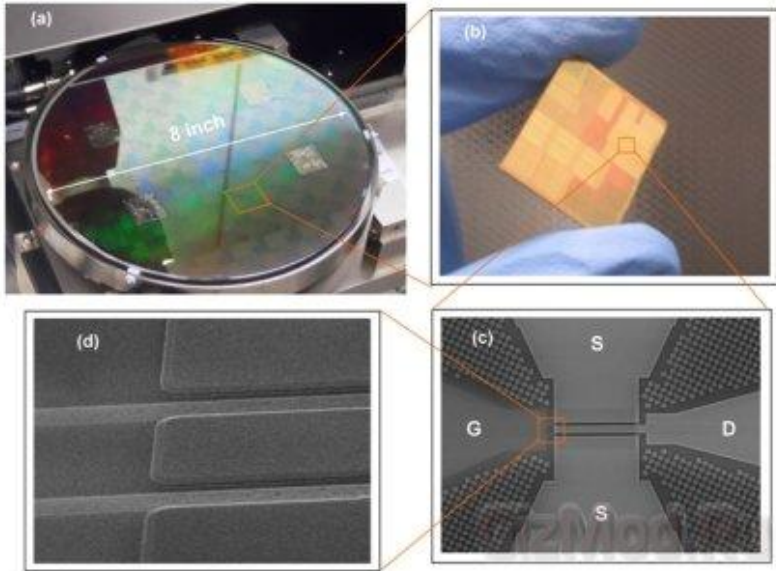


Рисунок 40 – Зовнішній вигляд графенової мікросхеми компанії «Інтел» у різному збільшенні

Але все ж таки можна вважати, що традиційна мікроелектроніка не змогла задовольнити потреб сучасного інформаційного суспільства і наступним етапом розвитку електроніки стала наноелектроніка.

3.3 Мікропроцесорна електроніки

Потужним і окремим розділом мікроелектроніки прийнято вважати розділ електроніки – мікропроцесорну техніку, основним елементом якої є мікропроцесор.

3.3.1 Мікропроцесори, основні поняття і визначення

Ядром будь-якої мікропроцесорної системи є *мікропроцесор* (МП) або просто *процесор* (від англійського «processor»). Перекласти на українську мову це слово можна

вірніше всього як «оброблювач», тому що сам мікропроцесор – це той вузол, блок, який робить всю обробку інформації усередині мікропроцесорної системи. Інші вузли виконують усього лише допоміжні функції : збереження інформації (у тому числі і керуючої інформації, тобто програми), зв'язку з зовнішніми пристроями, зв'язку з користувачем і т.д. Формально визначити мікропроцесор можна як інтегральну схему, яка виконує функції *центрального процесора* (ЦП) - пристроя, який здійснює прийом, обробку і видачу інформації. Конструктивно МП містить одну або декілька інтегральних схем і виконує дії за програмою, записаною в пам'яті. Проте загалом це не так : центральні процесорні пристрої деяких суперкомп'ютерів навіть сьогодні є складними комплексами великих і надвеликих інтегральних схем що поєднані технологією багатоядерності.

Процесор замінює практично всю «жорстку логіку», що знадобилася б у випадку традиційної цифрової системи. Він виконує арифметичні функції (додавання, множення і т.д.), логічні функції (зсуву, порівняння, маскування кодів та ін.), тимчасове збереження кодів (у внутрішніх регістрах), пересилання кодів між вузлами мікропроцесорної системи і багато чого іншого. Кількість таких елементарних операцій, що виконуються процесором, може досягати декількох сотень.

Усі команди, які можуть виконуватись процесором, утворюють систему команд процесора. Основними параметрами МП є система (набір) команд, розрядність і тактова частота.

Розрядність показує, скільки двійкових розрядів (бітів) інформації опрацьовується, або передається за один такт, а також скільки двійкових розрядів використовується для адресації пам'яті.

Для виконання команд у структуру процесора входять внутрішні регістри, арифметико-логічний пристрій,

мультиплексори, буфери, регістри й інші вузли. Робота усіх вузлів синхронізується загальним зовнішнім тактовим сигналом процесора.

МП працюють з тактовою частотою до декількох ГГц і містять на кристалі від десятків мільйонів до декількох мільярдів транзисторів. У відповідності з емпіричним правилом, яке сформулював Г. Мур, один з засновників компанії «Інтел», степінь інтеграції мікросхем подвоюється кожні 1,5-2 роки. Це правило виконувалося протягом 40 років до середини 2000-х років. На даний момент цей ріст зупинився. Подальше зростання частоти та потужності МП відбувається внаслідок застосування технології багатоядерності.

Тактова частота вказує, скільки елементарних операцій (тактів) МП виконує за секунду. Але вона є лише відносним показником продуктивності МП. Через архітектурні відмінності в деяких МП за один такт виконується робота, на яку інший МП затрачає кілька тактів.

Процесорне ядро сучасних МП реалізує один із двох принципів побудови процесорів :

- процесори з CISC-архітектурою, які реалізують так звану повну систему команд (від англ. «Complicated Instruction Set Computer»);

- процесори з RISC-архітектурою, що реалізують скорочену систему команд (від англ. «Reduced Instruction Set Computer»).

Мікропроцесори архітектури CISC в основному застосовуються у персональних комп'ютерах, а архітектури RISC-в потужних серверах та робочих станціях.

З точки зору організації процесів вибірки і виконання команд в сучасних МП застосовується одна з двох уже згадуваних архітектур : фон-неймановська (принстонська) та гарвардська. Гарвардська архітектура забезпечує потенційно більш високу швидкість виконання програми в порівнянні з

фон-неймановскою за рахунок можливості реалізації паралельних операцій. Основною особливістю фон-нейманівської архітектури є використання загальної пам'яті для збереження програм і даних. Основною особливістю гарвардської архітектури є використання роздільних адресних просторів для збереження команд і даних.

Виконання того чи іншого алгоритма можливо при наявності мікропроцесора та пристроїв, в яких зберігається програма. Відомо, що *програма* – це сукупність команд (правил), що виконуються в послідовності, заданій алгоритмом. Команди вибираються з пам'яті в послідовності, що задається процесором. Процесор визначає адреси елементів пам'яті, в яких зберігаються необхідні данні. Данні передаються в процесор, де перетворюються згідно з командами, і результати операції передаються знову в пам'ять.

Будь-який МП працює разом з рядом зовнішніх пристроїв, одержуючи від них необхідну інформацію та передаючи іншу. Для зв'язку з зовнішніми пристроями існує *інтерфейс* (від англ. «interface»). Цим терміном позначається весь комплекс пристроїв, правил та технічних засобів, що регламентують та забезпечують обмін інформацією між мікропроцесором (включаючи пам'ять) та зовнішніми пристроями. Головними в інтерфейсі є шини, або, як їх ще часто називають, магістралі. *Магістраль* або *шина* – це сукупність провідників, для яких строго нормовані логічні рівні «0» та «1». Потужність сигналів на шинах має бути достатньою для живлення необхідної кількості приєднаних до них пристроїв. Для забезпечення цієї потужності використовуються спеціальні мікросхеми – шинні підсилювачі (ШП).

Об'єм пам'яті, що адресується, або по іншому адресний простір, залежить від кількості ліній шини адреси МП. Якщо ліній 20, то адресний простір становить $2^{20} = 1$ Мбайт і т.д.

За призначенням, шини поділяються на три типи : адресні, даних та керування.

Але реально як в мікропроцесорній техніці, так і в комп'ютерній часто дві шини суміщують шляхом мультиплексування, що дещо знижує їх швидкодію, але набагато зменшує кількість виводів мікросхем.

Мікроконтролер (МК) – мікросхема, призначена для управління електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує на одному кристалі функції процесора і периферійних пристроїв, містить оперативну та постійну пам'яті. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання.

При модульному принципі побудови всі МК одного сімейства містять процесорне ядро, однакове для всіх МК даного сімейства, і змінний функціональний блок, що відрізняє МК різних моделей.

Процесорне ядро містить у собі :

- центральний процесор;
- внутрішню контролерну магістраль у складі шин адреси, даних і управління;
- схему синхронізації МК;
- схему управління режимами роботи МК, включаючи підтримку режимів зниженого енергоспоживання, початкового запуску (ініціалізації) і т.д.

Основними характеристиками, які визначають продуктивність процесорного ядра МК, є :

- набір регістрів для збереження проміжних даних;
- система команд процесора;
- способи адресації операндів у просторі пам'яті;
- організація процесів вибірки і виконання команди.

Для зручності наведемо визначення інших основних понять у мікропроцесорній техніці.

Електронна система – у даному випадку це будь-який електронний вузол, блок, прилад чи комплекс, що робить обробку інформації.

Задача – це набір функцій, виконання яких вимагається від електронної системи.

Швидкодія – це показник швидкості виконання електронною системою її функцій.

Гнучкість – це здатність системи підбудовуватися під різні задачі.

Надлишковість – це показник ступеня відповідності можливостей системи до розв'язуваної даною системою задачі.

Мікропроцесорна система (МПС) – обчислювальна, контрольно-вимірювальна або керувальна система, в якій основним пристроєм обробки інформації є МП.

Мультипроцесорна система – система, яка утворюється об'єднанням деякої кількості універсальних або спеціалізованих МП, завдяки чому забезпечується паралельна обробка інформації і розподілене керування.

Мікропроцесорний комплект (МПК) – сукупність інтегральних схем, сумісних за електричними, інформаційними та конструктивними параметрами і призначених для побудови електронно-обчислювальної техніки та мікропроцесорних систем керування. Зазвичай МПК містить : оперативних запам'ятовувальних пристроїв, постійних запам'ятовувальних пристроїв, інтерфейси або контролери зовнішніх пристроїв, службові елементи (тактовий генератор, регістри, шинні формувачі, контролери шин, арбітри шин).

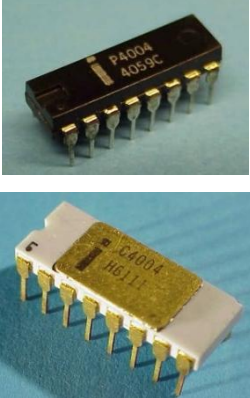
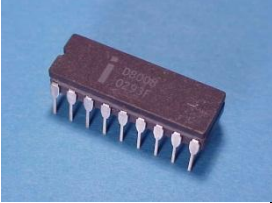
Мікроконтролер – являє собою пристрій, який виконаний конструктивно в одному корпусі ВІС і містить основні складові МПК : процесор, пам'ять даних, пам'ять програм, програмовані інтерфейси.

3.3.2 Історія розвитку мікропроцесорної техніки

Історію створення перших процесорів можна відстежити на прикладі процесорів компанії «Інтел» (табл. 4).

Перший МП був створений американською фірмою «Інтел» (автори Т. Хофф та Ф. Феггін) для потреб японської фірми «Бусіком» у 1971 р. при розробці калькулятора. Це був 4-розрядний МП I4004, призначений для обробки 4-розрядних двійкових даних. Він містив 2300 транзисторів, працював на тактовій частоті 108 кГц і адресував 640 байт.

Таблиця 4 – Еволюція мікропроцесорів компанії «Інтел»

Назва мікропроцесора	Рік випуску	Зовнішній вигляд	Характеристики
1	2	3	4
«Інтел» P4004	1969		Швидкодія - 108 кГц, розрядність - 4-біт, 2300 транзисторів
«Інтел» 8008	1972		Швидкодія - 200 кГц; розрядність - 8-біт, 3500 транзисторів

Продовження табл. 4

1	2	3	4
«Інтел» 80286	1982	 <p>A square microprocessor with a gold-colored surface and a grid of pins. The text on the chip reads: C80286-6, S40172, I4370040, INTEL '84.</p>	Швидкодія - 12 МГц, розрядність - 16-біт, 134000 транзисторів
«Інтел» 80386	1985	 <p>A square microprocessor with a dark surface and a grid of pins. The text on the chip reads: 820264WAA, MALAY, DJ 211.</p>	Швидкодія - 16-33 МГц, розрядність - 32-біт, 275000 транзисторів
«Інтел» 80486	1989	 <p>A square microprocessor with a dark surface and a grid of pins. The text on the chip reads: 820552SAB, MALAY, CV 332, INTEL © 1989.</p>	Швидкодія - 20-100 МГц, розрядність - 32-біт, 1.2 мільона транзисторів
Intel 80586 Pentium	1993	 <p>A square microprocessor with a dark surface and a grid of pins. The chip is mostly obscured by a dark square, but the grid of pins is clearly visible.</p>	Швидкодія - 75-200 МГц, розрядність - 32-біт, 3.3 мільона транзисторів

В 1972 р. фірма «Інтел» випустила 8-розрядний МП і8080. Він мав тактову частоту 2 МГц, адресував 64 Кбайти пам'яті і містив 6000 транзисторів. Треба сказати, що принципи, покладені в основу перших МП цієї фірми були дуже вдалими. Починаючи з цього часу на ринку з'явилася велика кількість типів МП різних фірм. Тому МП інших фірм були ніби своєрідними клонами МП даної фірми. Вдосконалюючи і розвиваючи принципи, покладені в основу перших МП, в подальшому фірма зуміла зберегти позиції лідера у їх виробництві і по сьогоднішній день.

З 1978 р. на ринку з'явилися 16-розрядні мікропроцесори І8086/8088. Це практично однакові МП з однаковою системою команд, що нараховувала 156 команд. Частота – 5 МГц, продуктивність 0.33 MIPS, 29000 транзисторів, адресована пам'ять 1 Мбайт.

В 1982 р. з'являється МП і80286. 134 000 транзисторів, 16 Мбайт адресованої пам'яті, захищений режим та віртуальна пам'ять.

Починаючи з 1985 р. приступили 32-розрядних мікропроцесорів і80386 (275 000 транзисторів, адресована пам'ять 4 Гбайти), з'являється ОС Windows.

В 1989 р. виходить МП і80486 – 1,2 млн. транзисторів, інтегровані кеш і математичний сопроцесор.

В 1992 – 1993 рр. почалися випускася 64-розрядні МП типу «Pentium», які в різних модифікаціях продукує і по сьогоднішній день. Після 2000-х років була випущена величезна кількість різних процесорів з різною архітектурою та використаним техпроцесом.

З середини 90-х років і по сьогодні на світовому ринку МП домінують компанія «Інтел» та компанія «АМД». Решта виробників універсальних МП випускають біля 10% МП на ринку. Це такі компанії як «Моторола» (відома лінійка МП Power PC 603, 604, 620), «ХП» (відомі МП PA-8000), «ДЕК»

(лінія МП Alpha 21064, 21164,21164A), «САН» (лінія МП SPARC) та ін.

Налагодження масового випуску МП сприяло зменшенню їх вартості, зробило вигідним їх використання в приладобудуванні, на транспорті, в побуті і т. д. Поява дешевих МП з широкими функціональними можливостями забезпечила перевагу цифровим методам обробки інформації, а це сприяло їх впровадженню в такі галузі, як автоматика, вимірювальна техніка, радіозв'язок, телефонія і т.д. Так що на сьогодні МП стали елементною базою не тільки засобів обчислювальної техніки, а й засобів автоматики, вимірювальної техніки, радіотехніки, тощо.

3.3.3 Класифікація мікропроцесорів

МП та МПК класифікують за такими ознаками : призначенням, кількістю інтегральних схем, способом керування, типом архітектури, типом системи команд. Загальноприйнята класифікацій МП наведена на рис. 41.

За призначенням МП поділяють на універсальні та спеціалізовані.

Універсальні МП – це МП загального призначення, які розв'язують широкий клас задач обчислення, обробки та керування. Ці МП застосовуються в обчислювальних системах : персональних комп'ютерах, потужних серверах, робочих станціях та інших засобах обчислювальної техніки, а також при проведенні науково-технічних розрахунків з використанням операцій з плаваючою комою.

Ці МП можуть бути використані в пристроях інформаційно-вимірювальної техніки, алгоритм функціонування яких характеризується так званою «жорсткою» логікою роботи, що задається апаратними засобами. Використання МП для побудови електронних системи приводить до того, що

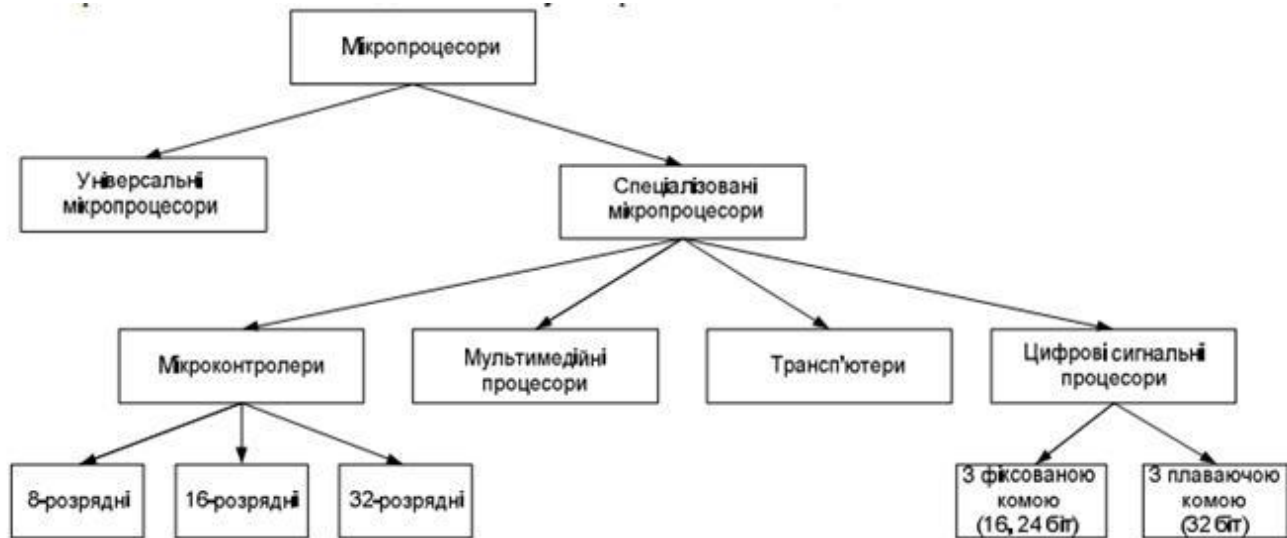


Рисунок 41 – Класифікація мікропроцесорів

зменшується вартість проектування. Крім цього МП надає пристроєві гнучкості, яка полягає в тому, що зміна функції пристрою досягається зміною програми, яка записана в його пам'яті – це є найбільшою перевагою. В цьому випадку з'являється можливість змінювати характеристики пристрою чи системи без будь-яких переробок монтажу чи друкованих плат. Тепер дуже легко можна вносити в процесі відладки зміни в уже виготовлений пристрій чи систему, модифікуючи її характеристики і параметри шляхом заміни програми.

Другою перевагою є те, що вироби на основі МП дешеві. МП можуть замінити 75-200 корпусів інтегральних схем малої та середньої степені інтеграції, в мікропроцесорній системі менше з'єднань, менше друкованих плат, відладка системи значно простіша, а відповідно і вартість проектування в цьому випадку нижча. Крім того, з'являється можливість надати цим пристроям нові функції, реалізація яких при «жорсткій» логіці роботи була недоцільною, бо суттєво ускладнювалися як самі пристрої так і процес їх виготовлення та наладки.

Спеціалізовані МП призначені для розв'язання задач лише певного класу. До спеціалізованих МП належать : цифрові сигнальні процесори, медійні та мультимедійні МП, мікроконтролери, трансп'ютери.

3.3.4 Мікроконтролери

Мікроконтролери призначені для застосування у вбудованих системах управління, в тому числі і у побутових приладах. Звідси й назва «мікроконтролери».

Історія мікроконтролерів. З появою однокристальних електронних обчислювальних машин (ЕОМ) пов'язують початок ери масового застосування комп'ютерної автоматизації в галузі управління. Мабуть, ця обставина і

визначила термін «контролер» (англ. «Controller») – регулятор, управляючий пристрій).

Перший патент на однокристальну мікро-ЕОМ був виданий в 1971 р. інженерам М. Кочрену і Г. Буну, працівникам американської «Техас Інструментс». Саме вони запропонували на одному кристалі розмістити не тільки процесор, але і пам'ять з пристроями введення-виведення.

У 1976 р. фірма «Інтел» випустила мікроконтролер і8048. У 1978 р. фірма «Моторола» випустила свій перший мікроконтролер МС6801, сумісний за системою команд з випущеним раніше мікропроцесором МС6800. Через 4 роки, в 1980 р., «Інтел» випускає наступний мікроконтролер : і8051. Вдалих набір периферійних пристроїв, можливість гнучкого вибору зовнішньої або внутрішньої програмної пам'яті і прийнятна ціна забезпечили цьому мікроконтролеру успіх на ринку. З точки зору технології мікроконтролер і8051 був для свого часу дуже складним виробом – у кристалі було використано 128 тис. транзисторів, що в 4 рази перевищувало кількість транзисторів в 16-розрядному мікропроцесорі і8086.

На сьогоднішній день існує більше 200 модифікацій мікроконтролерів, сумісних з і8051, що випускаються двома десятками компаній, і велика кількість мікроконтролерів інших типів. Популярністю у розробників користуються 8-бітові мікроконтролери PIC фірми «Майкросип технологи» і AVR фірми «Атмел», 16-бітові MSP430 фірми «ІТ».

За своїми функціональними можливостями та технічними характеристиками МК найкращим чином придатні до використання у складі пристроїв керування технологічними процесами, інформаційно-вимірювальних та контрольних діагностичних систем. Виробництво і використання МК швидко зростає.

Сучасний МК є складною цифровою системою, розміщеною на кристалі (рис. 42). До її складу входять :

Кристал мікроконтролера

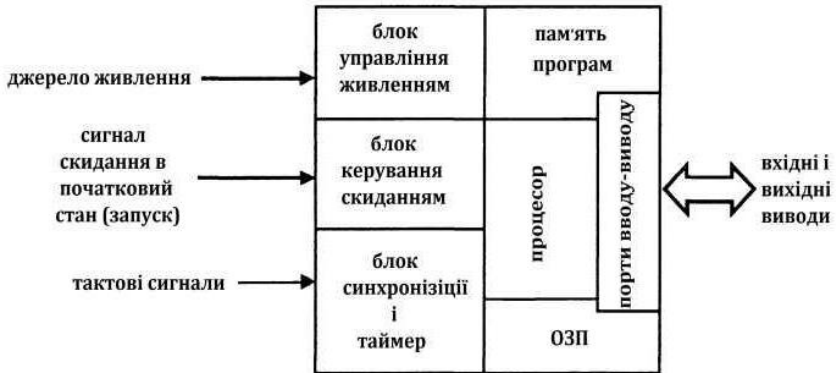


Рисунок 42 – Архітектура мікроконтролера

- один 8-ми або 16- ти, чи рідше 32-х розрядний процесор;
- внутрішня пам'ять програми (від 1го до 10 кбайт) та даних;
- широкий набір інтерфейсних і периферійних пристроїв, зокрема, портів вводу/виводу, таймерів, аналого-цифрових перетворювачів (АЦП), цифро-аналогових перетворювачів (ЦАП) та інших.

8-розрядні МК представляють найбільш чисельну групу в класі МК, які мають відносно низьку продуктивність, якої проте цілком достатньо для вирішення широкого кола задач управління різними об'єктами. Це прості і дешеві МК, орієнтовані на використання у відносно нескладних пристроях масового випуску. Основними областями їх застосування є : побутова та вимірювальна техніка, промислова автоматика, автомобільна електроніка, теле-, відео- і аудіоапаратура, засоби зв'язку.

Для цих МК характерна гарвардська архітектура з окремою пам'яттю програм і даних. Внутрішня пам'ять програм має об'єм від одиниць до десятків Кбайтів. Для зберігання даних використовується регістровий блок (банк)

або внутрішній ОЗП. Об'єм внутрішньої пам'яті даних становить від декількох десятків байт до декількох Кбайт.

МК цієї групи переважно виконують відносно невеликий набір команд (50-100), використовують найпростіші способи адресації.

16-розрядні МК в багатьох випадках є удосконаленою модифікацією 8-бітних прототипів. Вони характеризуються не тільки збільшеною розрядністю даних, але і розширеною системою команд і способів адресації, збільшеним набором регістрів і об'ємом пам'яті. В багатьох випадках реалізується програмна сумісність з 8-бітними моделями. Основні сфери застосування : складна промислова автоматика, телекомунікаційна апаратура, медична та вимірювальна техніка.

В цілому для МК характерні :

- широкі функціональні можливості;
- високі технічні параметри;
- низька вартість.

Ще в 2002 – 2003 рр. у світі випускалося щорічно 3,2 млрд. МК, тоді як процесорів для ПК – 200 млн. Так в 2006 р. було випущено понад 4 млрд. МК, за 2010-2015 роки їх випуск у світі зріс приблизно в три рази. Кількісний випуск промисловістю МК на сьогодні майже в 10 разів перевищує кількісний випуск традиційних МП.

Цифрові сигнальні процесори (ЦСП) або сигнальні процесори – призначені для цифрової обробки сигналів у реальному масштабі часу. Перший цифровий сигнальний процесор TMS320C10 був випущений в 1982 р. і з того часу сфера застосування ЦСП постійно розширювалася.

Архітектура ЦСП визначається декількома базовими операціями, які використовуються в алгоритмах цифрової обробки сигналів (ЦОС) – перш за все цифрової фільтрації і спектральним аналізом.

Для ефективної реалізації цифрових алгоритмів необхідна апаратна підтримка ЦОС – множення з накопиченням : $C = A * B + C$.

Для ЦСП характерними є :

- наявність достатніх об'ємів внутрішньокристалічної пам'яті для даних і програм;

- можливість захисту програм від несанкціонованого доступу;

- підтримка режиму енергозбереження (в процесорах TMS320C54x реалізована ефективна тривірнева система управління енергоспоживанням).

Робота в реальному часі вимагає від технічних засобів ЦСП високої продуктивності та забезпечення можливості інтенсивного обміну даними з зовнішніми пристроями (хост-інтерфейс дає змогу обмінюватися даними з іншим МП на швидкості до 160 Мбайт/с. Буферизований послідовний порт дає змогу здійснювати обмін з пристроями і пам'яттю без використання ресурсів процесора.

Крім цього в ЦСП використовуються методи скорочення тривалості командного циклу, характерні для універсальних RISC-процесорів : конвеєризація виконання команд; розташування операндів більшості команд в регістрах МП; використання внутрішніх регістрів для зберігання результатів обчислень; реалізація можливості виймання з пам'яті одного або декількох операндів в циклі виконання команди.

ЦСП різних компаній-виробників утворюють два класи, що суттєво відрізняються ціною :

- більш дешеві МП з обробкою даних в форматі з фіксованою комою;

- дорожчі МП, що апаратно підтримують операції над даними в форматі з плаваючою комою.

Можливості ЦСП роблять їх привабливими для використання не тільки в ролі спеціалізованих обчислювачів, але й в ролі контролерів у промислових роботах, побутових

приладах, системах керування зброєю, засобах безпроводного зв'язку. Серед найпоширеніших сімейств сигнальних процесорів TM320Cxx – фірми «Техас Інструментс», 21xx, 210xx – «Аналог Девайс», DSP560xx та DSP9600x – фірми «Моторола».

3.3.5 Медійні процесори та трансп'ютери

Медійні та мультимедійні процесори призначені для обробки аудіосигналів, графічної інформації, відеозображень, а також для розв'язування ряду задач у мультимедіа комп'ютерах, іграшкових приставках, побутовій техніці за рахунок створення симетричної мультипроцесорної системи з більш простими процесорами, що опрацьовують цілочисельні операнди.

На сьогоднішній день можна виділити два класи МП, які забезпечують підтримку мультимедіа на апаратному рівні : це універсальні процесори з мультимедійним розширенням набору команд (MMX, 3DNow, SSE) і мультимедійні мікропроцесори. Там, де мультимедійні операції домінують над традиційними числовими операціями ефективніше використовувати мультимедійні МП.

Мультимедійні процесори представляють собою поєднання архітектури традиційних сигнальних і універсальних МП.

Мультимедійний мікропроцесор компанії «Філіпс» TriMedia призначений для використання в якості сопроцесора цифрової обробки сигналів, що розвантажує основний процесор, так і у якості універсального процесора мультимедійних пристроїв : ігрових приставок, програвачів DVD, відео і т.п.

Ефективна для мультимедійних задач система команд процесора дає змогу здійснювати одночасне декодування

аудіо- та відеоданих при використанні всього лиш 22 % обчислювальних ресурсів процесора і 12% ресурсів пам'яті.

У зв'язку з більш простою схемотехнікою вартість медійних процесорів досить низька, а значення показника «продуктивність/вартість» на два-три порядки вища.

Трансп'ютери – призначені для масових паралельних обчислень і роботи у мультипроцесорних системах. Трансп'ютер – це мікрокомп'ютер з власною внутрішньою пам'яттю та каналами для з'єднання з іншими трансп'ютерами (рис. 43). Термін «трансп'ютер» виник внаслідок об'єднання слів «транзистор» і «комп'ютер». Перший трансп'ютер T414 був представлений фірмою «Інмос» у 1983 р.

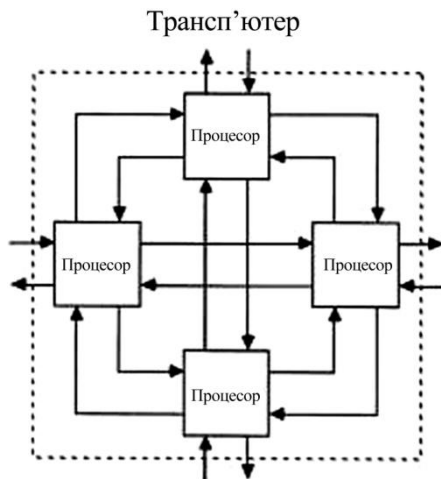


Рисунок 43 – Принцип будови трансп'ютера

Основна область його застосування – це масово-паралельні обчислювальні системи, в яких трансп'ютер відіграє роль базового обчислювального елемента.

Для трансп'ютерів характерним є наявність внутрішньої пам'яті та вбудованого міжпроцесорного інтерфейсу, тобто каналів зв'язку з іншими МП.

РОЗДІЛ 4 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕЛЕКТРОНІЦІ

4.1 Робототехніка

4.1.1 Історія виникнення робототехніки

4.1.1.1 Основні визначення

Сучасна робототехніка виникла на основі синтезу механіки і кібернетики і дала поштовх новому напрямку їх розвитку. Для механіки це виявилось пов'язано з багатоланковими механізмами типу маніпуляторів, а для кібернетики – з інтелектуальним управлінням, яке потрібне для роботів останнього покоління з штучним інтелектом.

Робототехніка – одноманітної роботи типу складання, переміщення. До роботів також відносяться прикладна наука, що займається розробкою автоматизованих технічних систем (роботів). Орієнтована на створення роботів і робототехнічних систем, призначених для автоматизації складних технологічних процесів і операцій, у т. ч. таких, що виконуються в недетермінованих умовах, для заміни людини при виконанні важких, втомливих і небезпечних робіт.

Робот – пристрій, керований за допомогою електронної плати або комп'ютера, який можна запрограмувати на виконання певних операцій.

У більшості випадків сучасні роботи – це «руки», маніпулятори, закріплені на основі і призначені для виконання пристрої, що працюють у важких для людини середовищах і керовані дистанційно, наприклад роботи, що виконують роботи на великих глибинах, у космосі, пристрої для доставки снарядів та ін., а також роботизовані іграшки.

Таким чином завдання робототехніки – це розвиток і синтез механіки і кібернетики з метою створення і вживання

роботів і заснованих на їх використанні робототехнічних систем різного призначення.

Роль роботів в таких системах і комплексах може бути різною – від основної, коли роботи здійснюють головні функції, до допоміжної, коли роботи обслуговують основне або допоміжне устаткування, що виконує ці функції. Системи і комплекси, автоматизовані за допомогою роботів, прийнято називати роботизованими.

Роботизовані системи і комплекси, в яких роботи виконують основні функції, називають робототехнічними. Походження слова «робот» має слов'янське коріння. Вперше ще в 1920 р. його ввів відомий чеський письменник К. Чапек в своїй фантастичній п'єсі «R. U. R.» («Росумовські універсальні роботи»), де фігурували так звані механічні робітники, призначені для заміни людей на важких фізичних роботах. Чеське слово «robota» означає важка підневільна праця.

У американського письменника А. Азімова в циклі розповідей «Я робот» був той же підхід в погляді про те, що має бути пристроєм зване «роботом». Помилковість їх бачення полягала в тому, що і Чапек і Азімов представляли робота як копію людини, якій властиво виконання зайвих функцій не потрібних для здійснення конкретних завдань. Термін «промисловий робот» з'явився в 70-і роки.

4.1.1.2 Три закони робототехніки

Три закони робототехніки – обов'язкові правила поведінки для роботів, вперше сформульовані Айзеком Азімовим в оповіданні «Я, робот» (1941) :

- робот не може заподіяти шкоду людині, або своєю бездіяльністю дозволити, щоб людині була заподіяна шкода;
- робот повинен підкорятися наказам людини, за винятком тих, котрі суперечать першому пункту;

- робот повинен захищати самого себе, якщо тільки його дії не суперечать першому і другому пунктам.

4.1.1.3 Історія робототехніки

Ідея штучних істот вперше згадується в давньогрецькому міфі про Кадма, який, убивши дракона, розкидав його зуби по землі і заорав їх, із зубів вирости солдати, та в іншому давньогрецькому міфі про Пігмаліона, який вдихнув життя в створену ним статую, – Галатею. Також в міфі про Гефеста розповідається, як він створив собі різних слуг. Давньоєврейський міф розповідає про Голема, який був оживлений каббалістичною магією.

Схожий міф розповідається в скандинавському епосі Молодша Едда. Там розповідається про глиняного гіганта Місткалфе, створеного тролем Рунгнером для сутички з Тором, богом грому.

Перше креслення людиноподібного робота було зроблене Леонардо да Вінчі близько 1495 р. Записи Леонардо, знайдені в 1950-х, містили детальні креслення механічного лицаря, здатного сидіти, розводити руки, рухати головою і відкривати забрало. Дизайн швидше за все заснований на анатомічних дослідженнях, записаних у Вітрувіанській людині. Невідомо, чи намагався Леонардо побудувати робота (рис. 44).

Першого працюючого робота – андроїда, що грає на флейті, – створив в 1738 р. французький механік і винахідник Жак де Вокансон. Він також виготовив механічних качок, які, як то кажуть, вмiли клювати корм (рис. 45).

У 1969 р. був створений перший робот, який здатний самостійно функціонувати та оцінювати власні дії – Робот Шекі. Перші роботи були випущені фірмою «АФМ» в 1962 р. в США, 1967 р. у Великобританії; 1968 р. в Швеції і Японії; 1971 р. у ФРН; 1972 р. у Франції; 1973 р. в Італії. На початок 2000-х років по оцінкам було випущена понад 1 млн. роботів

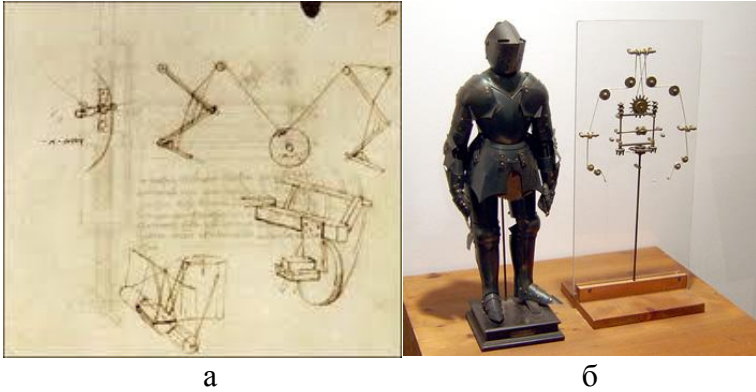


Рисунок 44 – Креслення механічного лицаря Леонардо да Вінчі (а) та його сучасне відтворення (б)

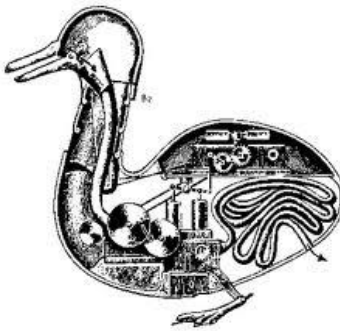


Рисунок 45 – Механічна качечка

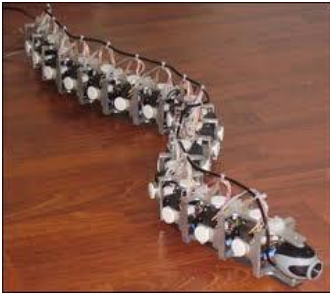
різних видів (рис. 49). У загальному розумінні роботи - це пристрої, що здійснюють деякі дії із заданої програми і не мали конкретних проєназначенія і лише в 1971 р. з'явилися перші «сучасні» роботи промислового призначення, – промислові роботи (ПР), а автоматизовані на їх базі технологічні комплекси – роботизованими технологічними комплексами (РТК). ПР складають 90% всього парку роботів в світі.



а



б



в



г



д



е

Рисунок 46 – Сучасні роботи :
а – твариноподібний, б – військовий, в – повзаючий,
г – літаючий, д – андроїд, е – промисловий

4.1.2 Маніпуляційна система роботів

Маніпулятори для роботів – це аналог рук людини. Маніпулятори включають рухомі ланки двох типів : ланки, що забезпечують поступальну ходу та ланки, що забезпечують кутові переміщення (рис. 47). Поєднання і взаємне розташування ланок визначає ступінь рухливості, а також область дії маніпуляційної системи робота. Для забезпечення руху в ланках можуть використовуватися електричний, гідравлічний або пневматичний привід.

Частиною маніпуляторів є захватні пристрої. Найбільш універсальні захватні пристрої аналогічні руці людини – захоплення здійснюється за допомогою механічних «пальців». Для захоплення плоских предметів використовуються захватні пристрої з пневматичним присоском. Для захоплення ж безлічі однотипних деталей (що зазвичай і відбувається при застосуванні роботів в промисловості) застосовують спеціалізовані конструкції.

Привід – це «м'язи» роботів. В наш час найпопулярнішими двигунами в приводах є електричні, але застосовуються і інші, що використовують хімічні речовини або стиснене повітря.

Сучасною альтернативою двигунів постійного струму є п'єзодвигуни, також відомі як ультразвукові двигуни. Принцип їх роботи абсолютно відрізняється : малюсінькі п'єзоелектричні ніжки, вібруючі з частотою більше 1000 разів на секунду, змушують мотор рухатися по колу або прямій. Перевагами подібних двигунів є висока швидкість і потужність, непорівнянна з їх розмірами. П'єзодвигуни вже доступні на комерційній основі і також застосовуються на деяких роботах.

Повітряні м'язи – простий, але потужний пристрій для забезпечення сили тяги. При накачуванні стисненим повітрям, м'язи здатні скорочуватися до 40% від своєї

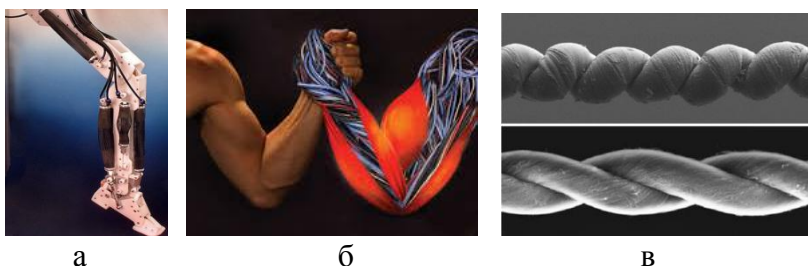


Рисунок 47 – Маніпуляційні системи роботів :
 а – «повітряні м'язи», б – на основі полімерів,
 в – на основі нанотрубок

довжини. Причиною такої поведінки є плетіння, видиме з зовнішньої сторони, яке змушує м'язи бути або довгими і тонкими, або короткими і товстими. Так як спосіб їх роботи схожий з біологічними м'язами, їх можна використовувати для виробництва роботів з м'язами і скелетом, аналогічними м'язам і скелету тварин.

Електроактивні полімери – це вид пластмас, який змінює форму у відповідь на електричну стимуляцію. Вони можуть бути сконструйовані таким чином, що можуть гнутися, розтягуватися або скорочуватися. На даний момент поширюється інша багатообіцяюча експериментальна технологія, що знаходиться на ранній стадії розробки. Відсутність дефектів у нанотрубках дозволяє цьому волокну еластично деформуватися на кілька відсотків. Людський біцепс може бути замінений проводом з такого матеріалу діаметром 8 мм.

Для пересування по відкритій місцевості найчастіше використовують колісну або гусеничну, рідше – крокуючу систему пересування роботів (рис. 48). Це найуніверсальні види систем переміщення. Для нерівних поверхонь створюються гібридні конструкції, що поєднують колісний або гусеничний хід з складною кінематикою руху коліс. Така



а



б



в

Рисунок 48 – Системи пересування роботів :
а – колісна, б – крокуюча, в – рейкова

конструкція була застосована в місяцеході. Усередині приміщень, на промислових об'єктах використовуються пересування уздовж рельсів.

4.1.3 Система керування роботами

Системи керування робототехнічними пристроями будуються на тому самому технічному базисі, що і всі інші автоматичні пристрої. Алгоритми систем керування роботами вивчаються у курсах теорії автоматичного керування, теоретичної механіки. Звичайно це лише найзагальніші курси, для глибшого вивчення рекомендується теорія навігаційних систем, наближена теорія гіроскопів, електротехніка, цифрова та аналогова схемотехніка та ін.

У сучасному світі, коли домінуючою течією є конвергенція технологій та наук, у керуванні роботами цікавих результатів досягають застосуванням знань людства з біології та моделей поведінки тварин.

Загальноновизнаним є поділення методів керування на : програмне керування, адаптивне керування, інтелектуальне керування, напівавтоматичне або телекерування - тобто за участю людини.

Програмне керування – найпростіший тип системи керування, використовується для управління маніпуляторами

на промислових об'єктах. У таких роботах відсутня сенсорна частина, всі дії жорстко фіксовані і регулярно повторюються.

Роботи з адаптивною системою керування оснащені сенсорною частиною. Сигнали, що передаються сенсорами, аналізуються і залежно від результатів ухвалюється рішення про подальші дії, перехід до наступної стадії дій тощо.

Інтелектуальний спосіб керування заснований на методах штучного інтелекту. Серед яких можна виділити найпоширеніші – нечітку логіку та нейронні мережі.

4.1.4 Штучний інтелект

Термін інтелект походить від латинського поняття «*intellectus*» – розум. *Штучний інтелект* - це здатність автоматичних систем брати на себе функції людини, вибирати і приймати оптимальні рішення на основі раніше отриманого життєвого досвіду і аналізу зовнішніх впливів. Будь-який інтелект спирається на діяльність.

Діяльність мозку – це мислення. Інтелект і мислення пов'язані багатьма цілями і завданнями : розпізнавання ситуацій, логічний аналіз, планування поведінки. Характерними особливостями інтелекту є здатність до навчання, узагальнення, накопичення досвіду, адаптація до умов, що змінюються в процесі вирішення завдань (рис. 49).

В дослідженнях у галузі штучного інтелекту склалося два головних напрямки – біонічний і прагматичний.

Біонічний напрямок досліджень в галузі штучного інтелекту засновано на припущенні про те, що якщо в штучній системі відтворити структури і процеси людського мозку, то й результати вирішення завдань такою системою будуть подібні до результатів, що отримує людина. В цьому напрямку досліджень виділяються :

1. Нейромережні алгоритми. В їх основі лежать системи елементів, які подібно до нейронів головного мозку здатні відтворювати деякі інтелектуальні функції. Прикладні



Рисунок 49 – Складові штучного інтелекту

системи, розроблені на основі цього підходу, називаються нейронними мережами.

2. Структурно-евристичний підхід. В його основі лежать знання про поведінку спостережувального об'єкта або групи об'єктів і міркування про ті структури, які могли б забезпечити реалізацію спостережуваних форм поведінки. Прикладом подібних систем служать мультиагентні системи.

3. Еволюційні алгоритми. В цьому випадку можна вирішити завдання, що формулюється в термінах еволюціонуючої популяції організмів – сукупності підсистем, що протидіють і співпрацюють, в результаті функціонування яких забезпечується необхідна рівновага (стійкість) всієї системи в умовах постійно змінних впливів середовища. Такого роду підхід реалізовано в прикладних системах на основі генетичних алгоритмів.

4. Нечітка логіка. Найбільш вражаючим в людському інтелекті є здатність приймати правильні рішення в умовах неповної та нечіткої інформації. Побудова моделей наближених роздумів людини і використання їх в

комп'ютерних системах представляє сьогодні одну з найважливіших проблем науки. «Штучний інтелект», який легко вирішує завдання управління складними технічними комплексами, часто є безпорадним в простих ситуаціях повсякденного життя. Для створення інтелектуальних систем, здатних адекватно взаємодіяти з людиною, потрібно застосовувати новий математичний апарат, який переводить неоднозначні життєві твердження в мову чітких і формальних математичних формул.

Прагматичний напрямок ґрунтується на припущенні про те, що розумова діяльність людини є «чорним ящиком». Але, якщо результат функціонування штучної системи збігається із результатом діяльності експерта, то таку систему можна визнати інтелектуальною незалежно від способів отримання цього результату. При такому підході не ставиться питання про адекватність використаних в комп'ютері структур і методів до тих структур чи методів, якими користується в аналогічних ситуаціях людина, а розглядається лише кінцевий результат вирішення конкретних завдань.

4.1.5 Промислові роботи

Промисловий робот – це багатоцільовий маніпуляційний робот, що складається з механічного маніпулятора і перепрограмованої системи керування, який застосовується для переміщення об'єктів в просторі трьох і більше координат та для виконання виробничих процесів (рис. 50).

Промислові роботи є важливими компонентами автоматизованих гнучких виробничих систем (ГВС), які дозволяють збільшити продуктивність праці. Типове застосування роботів стосується таких операцій, як зварювання, фарбування, складання, вибірка та встановлення, пакування, контроль продукції та випробування, котрі виконуються з високою надійністю, швидкістю, і точністю.

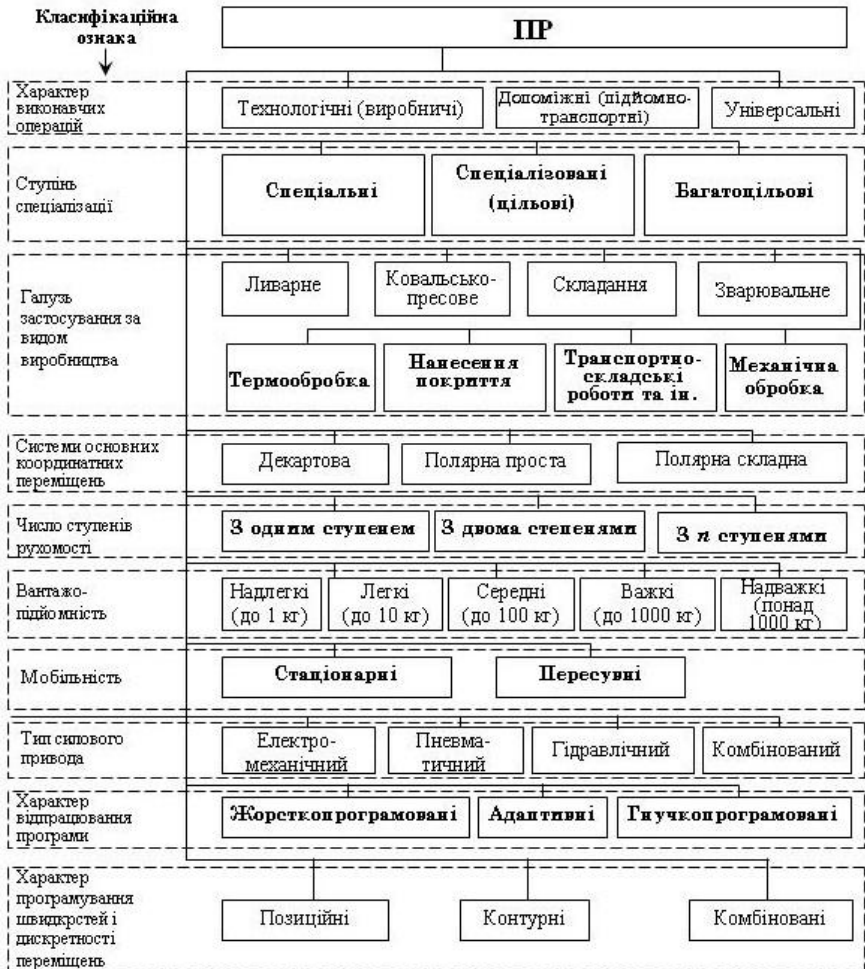


Рисунок 50 – Класифікація промислових роботів

I покоління. До них відносяться неперепрограмовані роботи, що працюють за жорсткою програмою : механічні руки і роботи з ЧПУ. Ці роботи характеризуються нездатністю адаптуватися до умов роботи, що змінюються, і мають постійну програму руху не залежно від наявності

об'єкту маніпулювання. Застосовуються для вирішення простих виробничих завдань, вимагають жорсткого порядку входу в систему (орієнтації деталі або інструменту в просторі, заданого часу спрацьовування, наявності захисних блокувань і тому подібне). Це автооператори і механічні руки.

II покоління. Це адаптивні, працюючі за гнучкою програмою, оснащені датчиками зовнішнього середовища і візуальними системами роботи. Для управління ними застосовують МІКРОЕОМ, мікропроцесори, а останнім часом – контролери. Ці роботи використовуються для вирішення складніших завдань, ПР I-го покоління.

III покоління. До них відносяться інтегральні, або інтелектуальні роботи, які здатні повністю адаптуватися до умов роботи і виробництва, володіють можливістю автоматичного збору і обробки інформації. Управління здійснюється з промисловою ЕОМ з евристичною програмою, де оператор програмує лише кінцеву мету, а самі дії і їх порядок визначає програма.

4.2 Інформаційні технології в електроніці

4.2.1 Види інформаційних технологій

Будь-яка *інформаційна технологія* (ІТ) зазвичай потрібна для того, щоб користувачі могли отримати потрібну їм інформацію на певному носії даних.

При розгляді інформаційних технологій виділяють їх поділ на різні види і класи. Класифікація інформаційних технологій необхідна для того, щоб правильно розуміти, оцінювати, розробляти і використовувати їх в різних предметних областях (сферах життя суспільства). Класифікація інформаційних технологій залежить від обраних критеріїв. Як критерій може виступати один показник або кілька ознак (рис. 51).



Рисунок 51 – Схема класифікації ІТ

В інформаційних технологіях виділяють наступні види інформації. За типом інформації це можуть бути текстові, табличні, графічні, звукові, відео та мультимедійні дані.

По виконуваних функцій і можливості застосування інформаційні технології ділять на використовувані :

- в автономних комп'ютерах (ПЕОМ) і в локальних робочих станціях (АРМ) у складі мережевих автоматизованих інформаційних систем (АІС) реального часу;

- в об'єктно-орієнтованих, розподілених, корпоративних та інших локальних і мережевих інформаційно-пошукових, гіпертекстових і мультимедійних системах;

- в системах зі штучним інтелектом;

- в інтегрованих АІС;

- у геоінформаційних, глобальних та інших системах.

Інформаційні технології класифікуються за ступенем типізації операцій : операційні та предметні технології.

Операційна технологія передбачає, що кожна операція виконується на конкретному робочому місці, обладнаному необхідними програмними та технічними засобами. Як приклад можна привести пакетну обробку інформації на великих ЕОМ.

Предметна технологія – це виконання всіх операцій на одному робочому місці, наприклад, при роботі на персональному комп'ютері (АРМ).

По виду використовуваних мереж інформаційні технології ділять на : локальні, регіональні, корпоративні, національні, міжнаціональні (міжнародні), однорангові, багаторівневі, розподілені та ін. Користувальницький інтерфейс – взаємодія комп'ютера з користувачем (рис. 52).

Ця класифікація дозволяє говорити про системний і прикладний інтерфейс. Прикладний інтерфейс пов'язаний з реалізацією деяких функціональних інформаційних технологій. Системний інтерфейс – набір прийомів взаємодії з комп'ютерами, яке реалізується операційною системою або

її надбудовою. Командний інтерфейс – найпростіший, забезпечує видачу на екран системного запрошення для введення команди.

WIMP-інтерфейс. При його використанні на екрані висвічується вікно, що містить образи програм і меню дій. Для вибору одного з них використовується покажчик миші.

SILK-інтерфейс. При використанні цієї інформаційної технології на екрані по мовної команді відбувається переміщення від одних пошукових образів до інших по смисловим (семантичним) зв'язкам.



Рисунок 52 – Схема класифікації ІТ за типом користувацького інтерфейсу

Однопрограмні : оперативна система – MS DOS.

Багатопрограмні операційні системи : Unix, Windows, Dos дозволяють одночасно виконувати кілька додатків на робочому місці одного користувача. Розрізняються вони алгоритмом поділу часу. Якщо однопрограмні операційні системи працюють або в діалоговому або в пакетному режимах, то багатопрограмні суміщають зазначені режими.

Багато користувачів системи – реалізується мережевими операційними системами. Вони забезпечують віддалені мережеві технології, а також пакетну і діалогову технології на робочому місці користувача.

Більшість забезпечують інформаційних технології і функціональних інформаційних технології можуть бути використані управлінським працівником без додаткових посередників (програмістів). При цьому користувач може впливати на послідовність застосування тих чи інших технологій.

Пакетні ІС працюють в пакетному режимі : спочатку дані накопичуються, і формується пакет даних, а потім пакет послідовно обробляється рядом програм. Недолік цього режиму – низька оперативність прийняття рішень і відособленість користувача від системи.

Економічні завдання, які вирішуються в пакетному режимі, характеризуються такими властивостями :

- алгоритм вирішення задач формалізований, процес її вирішення не вимагає втручання людини;

- є великий обсяг вхідних і вихідних даних, значна частина яких зберігається на магнітних носіях;

- розрахунок виконується для більшості записів вхідних файлів;

- більший час вирішення завдання обумовлено великим обсягом даних;

- регламентний, тобто завдання вирішуються із заданою періодичністю.

Діалогові ІС працюють в режимі обміну повідомленнями між користувачами і системою (наприклад, система продажу авіаквитків). Цей режим особливо зручний, коли користувач може вибирати перспективні варіанти з числа пропонованих системою.

Діалоговий режим (інтерактивний) є розвитком пакетного режиму. Якщо застосування пакетного режиму дозволяє зменшувати втручання користувача в процес завдання, то діалоговий режим передбачає відсутність жорстко закріпленої послідовності операцій обробки даних.

Мережеві технології забезпечують взаємодію багатьох користувачів.

4.2.2 Технологія створення інформації

Дана технологія полягає в організації та формування даних, інформації і знань в певну електронну форму, наприклад, створення текстових даних за допомогою введення їх в якомусь текстовому редакторі, включення текстової та іншої інформації до складу баз даних та ін.

Технологічні операції введення інформації ділять на здійснювані операторами (людьми) і спеціальними технічними пристроями, в т.ч. датчиками. Введення інформації і даних в ЕОМ здійснюється за допомогою : клавіатури, датчиків, різних периферійних пристроїв (сканерів, дигитайзерів, аудіо і відеопристроїв).

Введення інформації в ЕОМ за допомогою клавіатури є трудомісткою процедурою. Оперативно текстову і графічну інформацію і дані можна ввести в ЕОМ за допомогою скануючих пристроїв. Вони здійснюють оптичний введення інформації і перетворення її в цифрову форму. В результаті виходять графічні образи документів, які можуть бути збережені в одному з графічних форматів, а в подальшому – оброблені. При цьому текстові дані можна перевести з графічного образу в машинозмінний текст. Зазвичай сканують : текст, штрихові креслення, малюнки, фотографії, слайди і мікрофільми.

Крім того, сканування здійснюється в системах контролю та обробки документів (наприклад, при перепису населення), при виконанні різних облікових функцій. Звукова, відеоінформація і дані вводиться в комп'ютер і оцифровується в ньому за допомогою звукових і відеоадаптерів.

4.2.3 Інформаційні технології збору та реєстрації інформації

Розрізняють механізований, автоматизований і автоматичний способи збору та реєстрації інформації і даних.

Збір даних, інформації, знань являє собою процес реєстрації, фіксації, запису інформації (даних, знань) про події, об'єктах (реальних і абстрактних), зв'язках, ознаках і відповідних діях. Іноді виділяють окремі операції «збір даних і інформації» та «збір знань». Збір даних та інформації – це процес отримання даних від різних джерел, групування їх та подання у формі, необхідної для введення в ЕОМ. Збір знань – це отримання інформації про предметну область від фахівців-експертів та подання її у формі, необхідної для запису в базу знань.

4.2.4 Інформаційна технологія обробки інформації та даних

Обробка – поняття широке, часто включає в себе кілька взаємопов'язаних дрібніших операцій. До обробки відносять такі операції як проведення розрахунків, вибірка, пошук, об'єднання, злиття, сортування, фільтрація і т.д.

Важливо пам'ятати, що обробка – систематичне виконання операцій над даними (інформацією, знаннями); процес перетворення, обчислення, аналізу та синтезу будь-яких форм даних, інформації і знань шляхом систематичного виконання операцій над ними. На практиці існує безліч варіантів технологічних процесів обробки. Їх використання залежить від застосовуваних засобів обчислювальної та організаційної техніки на окремих операціях технологічного процесу. Зазвичай окремо виділяють операції обробки даних, інформації та знань. Обробка даних (англ. «Data processing»)

– процес виконання послідовності операцій над даними. Це процес управління даними (цифри, символи і букви) і перетворення їх в інформацію. Обробка даних може здійснюватися в інтерактивному і фоновому режимах.

Обробка інформації – переробка певного типу інформації (текстової, звукової, графічної та ін.) і перетворення її в інформацію іншого типу. Наприклад, розрізняють обробку текстової інформації, обробку зображень (графіка, фото, відео та мультиплікація), обробку звукової інформації (мова, музика, інші звукові сигнали). Технологією обробки інформації називають взаємопов'язані дії, виконувані в суворо певній послідовності з моменту виникнення інформації до отримання заданих результатів. Інформаційна технологія обробки призначена для розв'язання добре структурованих задач, по яких є необхідні вхідні дані, відомі алгоритми та інші стандартні процедури їх опрацювання. Ця технологія застосовується в цілях автоматизації рутинних постійно повторюваних операцій, що дозволяє підвищувати продуктивність праці, звільняючи виконавців від рутинних операцій, а часом і скорочуючи чисельність працівників.

При цьому вирішуються завдання : обробки даних; створення періодичних звітів про стан справ; пов'язані з отриманням відповідей на різні поточні запити і оформленням їх у вигляді документів або звітів. Звіти можуть створюватися за запитом або періодично наприкінці кожного місяця, кварталу або року. При обробці застосовують такі інформаційні технології, як : збір і реєстрація даних безпосередньо в процесі виробництва у формі документа з використанням центральної ЕОМ або персональних комп'ютерів; обробка даних в режимі діалогу; агрегування (об'єднання) даних; використання електронних носіїв інформації (наприклад, дисків).

Варіантом технології автоматичного збору інформації є RFID (Radio Frequency Identification). RFID – вбудовується в який-небудь об'єкт спеціальний мікročіп розміром в декілька сантиметрів, який за допомогою наявної в ньому антени забезпечує обмін інформацією з зовнішніми пристроями (комп'ютером та ін.). Він дозволяє проводити діагностику обладнання, виявляти нужденні в заміні комплектуючі і т.д. Впровадження цієї технології забезпечить високоефективні методи обліку та сервісного обслуговуванні різних виробів і об'єктів.

Технологічний процес обробки інформації з використанням ЕОМ включає наступні операції : прийом і комплектування первинних документів (перевірка повноти і якості їх заповнення, комплектності тощо); підготовка електронного носія і контроль його стану; введення даних в ЕОМ; контроль, результати якого видаються на зовнішні пристрої (принтер, монітор тощо).

4.2.5 Технологічні операції контролю даних

У різних ситуаціях доводиться контролювати одержувані або поширювані дані та інформацію. З цією метою широко застосовуються інформаційні технології. Розрізняють візуальний і програмний контроль, що дозволяє відслідковувати інформацію на повноту введення, порушення структури вихідних даних, помилки кодування. При виявленні помилки виражається :

- виправлення даних, що вводяться, коректування і їх повторне введення;
- запис вхідної інформації в вихідні масиви;
- сортування (якщо в цьому є необхідність);
- обробка даних;
- контроль і видача остаточної інформації.

Важливими елементами інформаційних технологій є технології зберігання та збереження інформації, даних і знань.

4.2.6 Інформаційна технологія зберігання даних

Зберігання – це базова основа забезпечення зберігання.

Якщо документ пошкоджений, зруйнований і може бути втрачений, то говорити про забезпечення зберігання безглуздо.

Забезпечення збереження інформації проводиться шляхом застосування спеціальних заходів організації зберігання, відновлення (регенерації) інформації, спеціальних пристроїв резервування. Якість забезпечення зберігання інформації залежить від її цілісності (точності, повноти) і готовності до постійного використання.

4.3 Інформаційна культура інженера електронної техніки

4.3.1 Інформаційна культура

Інформаційна культура – це вміння грамотно й цілеспрямовано працювати з інформацією, застосовуючи при її створенні, обробці, передачі й споживанні нові інформаційні технології, сучасні технічні кошти й методи.

Найочевиднішим проявом зміни інформації в сучасному світі є її кількісний ріст. Точні оцінки цього росту складні. Але цілком очевидно, що він носить експонентний характер. У цей час загальний обсяг, створюваної у світі інформації, подвоюється кожні 20 місяців (існують і більш радикальні оцінки : 5 місяців, 3 місяці, 73 дня). Це явище стрімкого зростання обсягу інформації одержало назву «інформаційного вибуху».

Але ще важливіше відзначити, що в еру комп'ютеризації суспільства й впровадження нових інформаційних технологій інформація міняється якісно, тобто міняються її втримування й структура. З погляду зміни втримування інформації можна виділити наступні моменти :

- відбувається розширення інформаційних ресурсів суспільства, з'являються нові інформаційні продукти й послуги;
- відбувається інтернаціоналізація й глобалізація інформації;
- збільшується швидкість старіння й, відповідно, відновлення інформації;
- значно збільшується диференціація й спеціалізація інформації.

Інформаційне суспільство – це суспільство, у якому працюючі, у своїй більшості, зайняті в інформаційній сфері, тобто забезпечують виробництво, зберігання, обробку, передачу й розподіл інформації, а також є її споживачами.

Розвиток інформаційного суспільства пов'язане з інформатизацією.

Інформатизація – це впровадження інформаційних технологій в усі сфери людської діяльності.

Інформаційні технології – це процеси, які використовують сукупність засобів і методів збору, обробки і передачі даних (первинної інформації) для отримання інформації нової якості, є інформаційним продуктом.

Зараз концепція «інформаційного суспільства» загальноприйнята. Свідченням тому є прийняття в 2000 р. програми ЮНЕСКО «Інформація для всіх». Основні цілі цієї програми – побудова інформаційного суспільства для всіх, скорочення розриву між «інформаційно багатими» і «інформаційно бідними», вдосконалення постіндустріального суспільства на базі розвитку інформаційних технологій, забезпечення загального рівного доступу до інформації.

Інформація (від лат. «informatio» – роз'яснення, виклад) – це дані, що зменшують невизначеність, неповноту знань про об'єкти, процеси і явища навколишнього світу. Іншими словами інформація – це продукт взаємодії даних і адекватних їм методів (дані – це зареєстровані сигнали) або інформація – відомості, сприймані людиною й (або) спеціальними устроями як відбиття фактів матеріального або духовного миру в процесі комунікації.

Інформаційний продукт – сукупність даних, сформована виробником для реального або потенційного поширення.

Варто сказати, що в більше глибокому, філософському й фізичному аспекті носіями інформації є енергія, маса й імпульс, за допомогою яких здійснюється перенесення інформації, а об'єктами інформації можуть бути не тільки інформаційні об'єкти, створені людиною, але й будь-які об'єкти і явища навколишнього світу, що несуть у собі інформацію.

4.3.2 Документ. Види документів

У сучасній науці *документ* – це будь-який матеріальний носій з який-небудь закріпленої на ньому будь-яким способом інформацією, призначений для її зберігання, передачі й використання.

Первинні документи – це документи, що містять інформацію, що безпосередньо виходить від їхніх авторів. Ці документи, створені окремими особами, колективами, організаціями, безпосередньо фіксують будь-який результат пізнання навколишнього світу.

Вторинні документи є результатом різних процесів бібліографічного аналізу (складання бібліографічного опису, анотування, реферування, складання огляду). Вторинні документи – продукт діяльності бібліографа, бібліотекаря або іншого інформаційного працівника. У них вихідна інформація документа представлена вкрай стисло й

опосередковано. Вторинні документи – найбільш елементарні за рівнем документи, що містять бібліографічну інформацію.

Вторинні джерела інформації – це результат узагальнення (синтезу) вторинних документів з метою доведення бібліографічної інформації до споживача. Безпосередня інформація, що втримується в первинних документах, проаналізована у вторинних документах, тепер, у результаті синтезу, стає інформацією нового роду – бібліографічною інформацією про багатьох документах, представленій у вигляді бібліографічної допомоги.

Наукові документи є результатом різних етапів наукової (інноваційної) діяльності. Якщо йти послідовно по етапах цієї діяльності, можна виділити наступні основні види наукових документів, що виникають по ходу наукових праць : препринти, тези доповідей на наукових конференціях, семінарах і т.п., короткі наукові повідомлення, листи в наукові журнали, статті в наукових журналах і збірниках наукових праць, депоновані рукописи, звіти про НИР, дисертації й автореферати дисертацій, монографії. У наведеному списку від першого до останнього виду, у цілому, зростає повнота представленої інформації, але знижується оперативність її подання (і, відповідно, її новизна). Наукові документи є своєрідною базою, на яку опираються деякі інші типи документів (виробничо-практичні, навчальні, науково-популярні, довідкові). Наукові документи – основний вид документів, використовуваний у науковій праці, але велике значення деяких наукових документів (монографії, статті) і для навчальних цілей. На жаль, поруч із науковими документами високої якості можна зустріти й несумлінні в науковому відношенні роботи. Звичайно, належною мірою якість тієї або іншої конкретної роботи може оцінити тільки фахівець, однак є й деякі формальні критерії якості. Справді наукові документи :

- містять аргументованої викладені теорії, концепції або правдоподібні з наукового погляду гіпотези;

- факти, що приводяться в них, перевірені (наприклад, експериментально), звичайно не суперечать теоретичними посилками й висновками, відбір факт продуман і не випадковий;

- такі документи опираються на точну наукову термінологію, у першу чергу, термінологію, істотну для даної конкретної наукової дисципліни;

- у них дотримується стругаючи логічність і послідовність у викладі матеріалу;

- у них утримуються бібліографічні посилання на роботи попередників або покажчики використаної літератури, причому бібліографічні відомості точні, використана література істотна для розуміння проблеми, виявляється знайомство автора з новітньої, у т.ч. закордонною літературою. Звичайно, повною мірою перераховані вище зовнішні критерії якості застосовні лише до монографій, але в окремих своїх частинах вони ставляться до всіх видів наукових документів.

Навчальні документи створюються для підтримки навчально-виховного процесу в навчальних закладах, а також для самоосвіти. Їхнє втримування й структура повинні відповідати навчальним програмам. До навчальних документів ставляться підручники, навчальні допомоги, збірники завдань, вправ і тестів, практикуми, курси й конспекти лекцій, методичні вказівки по виконанню лабораторних робіт, хрестоматії, самовчителі, навчальні програми й т.д. Найбільше значення мають підручники й навчальні допомоги. Підручники містять весь матеріал курсу, затверджений навчальною програмою, тобто той мінімум знань, що повинен засвоїти учень або студент за даним курсом. Навчальні допомоги призначені для більше поглибленого вивчання яких-небудь певних розділів курсу.

Науково-популярні документи містять інформацію з якої-небудь області культури, науки й техніки, викладену у формі, доступної для неспеціаліста в цій області. Це науково-популярні книги, статті з науково-популярних журналів і збірників, газетні статті науково-популярного характеру й т.д. Науково-популярні документи створюються для розширення загальнокультурного й професійного кругозору, для підтримки самоосвіти, самодіяльної творчості й т.п. Однак неспеціалістові в даній області користуватися цим видом документів як джерело інформації треба з відомою обачністю.

Офіційні документи створюються державними, урядовими, суспільними й іншими організаціями для цілей керування суспільством і державою або його окремими суб'єктами, а також організаціями, підприємствами й установами.

Довідкові документи створюються для збору й фіксації найбільш важливих і часто запитуваних відомостей з метою їхньої швидкої розвідки. Особливостями довідкових документів є : великий обсяг фактографічної інформації, стислий стиль викладу, стругаючи структурованість інформації (часто інформація розташована в алфавіті заголовків словникових статей), наявність численних посилань на інші джерела інформації. У чинність перерахованих особливостей, довідкові документи відіграють значну роль в інформаційному пошуку. До довідкових документів ставляться енциклопедії, словники, довідники, каталоги. Патентні документи – офіційні юридичні документи, що засвідчує право на використання або продаж винаходів і являються також джерелом технічної інформації про ці винаходи. Головна мета їхнього створення – установлення пріоритету нових технічних рішень. До первинних патентних документів ставляться описи винаходів

(патенти й заявки на винаходи), а також опису промислових зразків, корисних моделей і товарних знаків.

Нормативно-технічні документи встановлюють певні вимоги, норми й правила, обов'язкові для виконання в якій-небудь сфері діяльності. Це офіційні документи, що носять нормативний характер. До них ставляться стандарти, технічні умови, паспорти технічних виробів, сертифікати якості, правила техніки безпеки, будівельні норми й правила (СНіПи), норми праці, норми прибутку й т.д. Найважливішим видом нормативно-технічних документів є стандарти, що містять вимоги до об'єктів стандартизації : сировині, заготівлям, готовим виробам, устаткуванню, процесам і системам керування та ін. Стандартизації в деяких випадках піддається й використовується спеціальна термінологія. Найважливішими різновидами стандартів є державні стандарти (ДСТУ), галузеві стандарти (ГОСТи) і міжнародні стандарти.

Періодичні видання – серійні видання, що виходять через певні проміжки часу, як правило, з постійним для кожного року числом номерів (випусків), які мають однаковий заголовок, однотипно оформлені й пронумеровані (або датовані). Триваючі видання – серійні видання, що виходять через невизначені проміжки часу в міру нагромадження матеріалу нумерованими або датованими випусками, які мають загальний заголовок і однотипно оформлені.

Менш згорнутий вид вторинних документів – анотація.

Анотація – коротка загальна характеристика документа з погляду його призначення, утримування, виду, форми й інших особливостей. Анотація звичайно повідомляє про основні завдання й тематику документа, про те, чим цей документ відрізняється від родинних і подібних йому, що нового він несе, для якої читацької (користувальницької) аудиторії він призначений. В анотації можуть приводитися відомості про авторів документа, про попередні видання

документа, якщо вони були, відомості про особливості оформлення документа й ін. Залежно від того, ким складена анотація, анотації діляться на авторської, видавничі й анотації, складені бібліографом. Авторські анотації складаються самими авторами документа, вони іноді практикуються у видавництвах як обов'язкова вимога до тексту, що посилається у видавництво, і можуть служити для складання видавничої анотації, або міститися без змін. Авторські анотації використовуються в деяких електронних бібліографічних базах даних. Видавничі анотації створюються спеціальними працівниками у видавництві, що видає документ. У вітчизняних книгах вони, найчастіше, містяться або на звороті титульного аркуша, або наприкінці книги. Для потреб створення вторинних джерел інформації (про це трохи нижче), насамперед, для створення бібліографічних покажчиків, використовуються анотації, складені бібліографом. У цьому випадку анотація стає частиною бібліографічного запису, впливаючи за бібліографічним описом. Бібліографічний покажчик, у якому бібліографічні записи, присвячені анотаціями, називається анованим.

Реферат – короткий точний виклад змісту документа, що включає основні фактичні відомості й висновки, без додаткової інтерпретації або критичних зауважень автора реферату. Це ще менш згорнутий вторинний документ, ніж анотація. При деякій зовнішній схожості реферату й анотації, реферат має істотні відмінності. Реферат, як правило, використовується для розкриття втримувannya наукових документів. У рефераті коротко викладені мети й завдання роботи, її методологія, основні результати й області їхнього застосування, а також висновки, що втримуються в роботі. У чинність того, що реферат, при малому обсязі, повинен бути гранично інформативним, у рефераті приводяться лише основні теоретичні й експериментальні дані, при цьому

віддається перевага новим результатам. Якщо буде потреба, у текст реферату можуть включатися формули, графіки, креслення та ін... Особливістю реферату є те, що автор реферату не повинен включати в текст реферату тих відомостей і оцінок, які не втримуються в тексті реферуемого документа, не повинен висловлювати свого відношення до висновків і даних, що втримується в документі. Реферати, як правило, складаються в організаціях (або фірмах), уповноважених займатися подібною діяльністю, причому нерідко до складання рефератів залучаються фахівці у відповідних областях знання. Іноді реферати складаються бібліографами.

Бібліографічне видання, у якому бібліографічні записи містять реферати, називається реферативним (реферативний журнал, реферативний збірник). Багато бібліографічних електронних баз даних є реферативними, у багатьох комерційних повнотекстових базах даних можливо безкоштовно переглянути електронний бібліографічний запис включаючи реферат. І анотація, і реферат служать для того, щоб користувач одержав інформацію про документ коротку, і, разом з тим, достатню, щоб адекватно оцінити його втримування й зрозуміти, є чи необхідність звертатися до повного тексту документа. Самі загальні правила складання анотацій і рефератів зафіксовані в ДСТ 7.9-95 «Реферат і анотація. Загальні вимоги».

Найменш згорнутим видом вторинних документів є огляд. На відміну від інших вторинних документів, огляд – результат аналізу не одного, а деякої безлічі первинних документів, що мають яку-небудь подібність : по призначенню, утримуванню (основній тематиці), авторам, що створили документи (або виконавцям робіт, освітлених у документах) і т.д. Таким чином, огляд – це зведена аналітична характеристика втримування групи документів. Огляд як вид вторинних документів зустрічається відносно

рідко, до того ж його складно відокремити від інших видів оглядів. Звичайно огляд відносять до вторинних документів, але, якщо огляд носить не спеціально бібліографічний, а, наприклад, прогностичний характер або служить для докладного інформування про досягнення в якій-небудь галузі науки на матеріалі широкого кола різнорідних джерел (причому роль авторського почала укладача огляду може бути дуже велика), такий огляд цілком може бути віднесений до первинних документів. Разом з тим, огляд, що виконує чисто бібліографічну функцію більше докладного, чим при реферуванні, інформування про втримування великої кількості документів, не заради їхнього узагальнення, а тільки заради аналізу самих документів, такий огляд, що має зв'язний оповідальний стиль викладу, певну структуру й конкретне цільове призначення, стає бібліографічним оглядом, одним з видів бібліографічних допомог, тобто вже належить до вторинних джерел інформації.

Вторинне джерело інформації – результат синтезу (узагальнення) вторинних документів для їх повного й оперативного використання з метою інформаційного, у т.ч. бібліографічного пошуку.

4.3.3 Інтелектуальна власність

Поняття «інтелектуальна власність» вживається в декількох значеннях :

- об'єктивний сенс – це сукупність норм, якими регулюються відносини, пов'язані із створенням та використанням низки результатів інтелектуальної творчої діяльності і засобів індивідуалізації учасників цивільного обороту;

- суб'єктивний сенс – це сукупність правовласності як особистого, так і майнового характеру, що належать авторам творчих досягнень, патентовласникам або особам, які

здійснили реєстрацію засобів індивідуалізації, їх спадкоємцям та іншим правонаступникам. Виняткові права на результати інтелектуальної діяльності, що відносяться до літературних, художніх і наукових творів, виконанням, фонограмам, ефірному і кабельному мовленню, винаходам, корисним моделям, промисловим зразкам, товарним знакам і знакам обслуговування, фірмових найменувань, географічним вказівкам, топологіям інтегральних мікросхем, селекційним здобуткам, захисту проти недобросовісної конкуренції;

За визначенням Всесвітньої організації інтелектуальної власності (ВОІВ), «в самому широкому сенсі інтелектуальна власність означає закріплені законом права, які являються результатом інтелектуальної діяльності в промисловій, науковій, літературній і художній областях».

Поняття «інтелектуальна власність» – узагальнююче, включає 2 інститути :

- авторське право (об'єкти – твори науки, мистецтва і літератури) і суміжні права (об'єкти – виконання, фонограми, передачі кабельного та ефірного мовлення);

- промислова власність (винаходи, корисні моделі, промислові зразки, селекційні досягнення, засоби індивідуалізації учасників цивільного обороту (фірмове найменування, торговий знак, найменування місця походження товару) і нетрадиційні об'єкти ІВ (раціоналізаторські пропозиції та ін.).

Поняття авторське право вживається в 2 значеннях :

- в об'єктивному сенсі – це система норм, регулюючих майнові і з ними особисті немайнові відносини, що виникають у зв'язку зі створенням, використанням, захистом права на твори науки, літератури, мистецтва;

- в суб'єктивному сенсі – це майнові та особисті немайнові права, які належать особам, які створили твори літератури, науки і мистецтва та іншим суб'єктам авторського права.

Основним завданням авторського права є, з одного боку, забезпечення інтересів авторів та їх правонаступників, а з іншого боку, інтереси суспільства в цілому шляхом надання йому доступу до скарбів світової культури.

В об'єктивному розумінні право промислової власності – це сукупність правових норм, що регулюють відносини в галузі створення і введення в цивільний оборот об'єктів промислової власності. В суб'єктивному сенсі право промислової власності – це сукупність правовласності правовласника з приводу об'єкта промислової власності.

Об'єкти промислової власності. Паризька конвенція з охорони промислової власності та спеціальне законодавство до об'єктів промислової власності відносять : винаходи, корисні моделі, промислові зразки, селекційні досягнення, топології інтегральних мікросхем, нерозкрита інформація, в т.ч. і ноу-хау, фірмові найменування, товарні знаки, знаки обслуговування, найменування місць походження товарів, інші об'єкти промислової власності, передбачені законодавством.

Виходячи з об'єктів права промислової власності виділяють 2 групи :

I група – результати творчої діяльності. Включає в себе об'єкти патент. права.

II група – засоби індивідуалізації учасників цивільного обороту. Елементу творчості не потрібно.

Список використаної літератури

1. Стахів П. Г., Коруд В. І., Гамола О. Є. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки. – Львів : Магнолія Плюс, 2006. – 225 с.
2. Геза А. В. Перші транзисторні електронні обчислювальні машини // Питання історії науки і техніки. – 2014. – № 3. – С. 3 – 7.
3. Хрипунов, Г.С. Історичні передумови та аналіз розвитку фотоелектрики у 50-х роках ХХ століття // Сумський історико-архівний журнал. - 2015. - № XXIV. - С. 75-81.
4. Малютин А. Е., Филиппов И. В. История электроники. - Москва : Электронный учебник – РГРТА, 2006. – 213 с.
5. Кашкаров А. П. Электронные конструкции XXI века. Москва : Радио Софт, 2007. – 128 с.
6. Ланина Э. П. История развития вычислительной техники. – Иркутск : ИрГТУ, 2001. – 166 с.
7. Прищепа М. М., Погребняк В. П. Мікроелектроніка. Ч. 1. Елементи мікроелектроніки. – Київ : Вища школа, 2004. – 432 с.
8. ДСТУ ГОСТ 2.702 :2013 Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем : Наказ Мінекономрозвитку України від 14.12.2013 № 1470 // База даних «Document.ua». URL : http://document.ua/edinasistema-konstruktorskoyi-dokumentaciyi_-pravila-vikona-nor26523.html (дата звернення : 04.05.2017).
9. Бабич Н. П., Жуков И. А. Компьютерная схемотехника. Методы построения и проектирования. – Минск : МК-Пресс, 2004. – 576 с.
10. Малиновский Б. Н. История вычислительной техники в лицах. – Киев : фирма "КИТ", ПТОО "А.С.К.", 1995. – 305 с.
11. Годик Є. І. Технічне креслення. – Київ : Вища школа, 1991. – 248 с.

12. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / Під заг. ред. В. І. Мілих. – Київ : Каравела, 2015. – 688 с.
13. Руденко Н. Н., Силакова Т. Т. От микроэлектроники к нанoeлектронике // Вісник національного технічного університету «КПІ». Серія – Радіотехніка. – 2007. - № 35. – 132-138 с.
14. Кисіль О. С. Формування нанорозмірів структур мікроелектроніки // Вісник національного технічного університету «КПІ». Серія – Радіотехніка. – 2010. - № 40. – 132-138 с.
15. Болюх В. Ф., Данько В. Г. Основи електроніки та мікропроцесорної техніки. – Харків : НТУ "ХПІ", 2011. – 257 с.
16. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Мікропроцесори та мікроконтролери. – Київ : Вища школа, 2004. — 399 с.
17. Струтинський В. Б. Основні етапи розвитку робототехніки // ВІСНИК ЖДТУ № 4 (43), Технічні науки – 2007 [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://vuzlib.com.ua/articles/book/10547-Osnovn%D1%96etapi_rozvitku_roboto/1.html (дата звернення : 04.05.2017).
18. Корсак К. Технології майбутнього, або Четверта хвиля // Науковий світ. – 2010. – № 10. – 8–10 с.
19. Кучмій С. Нанотехнології. Що це таке? // Освіта України. – 2008. – № 15 – 5 с.
20. Ніколайчук І. Шляхом високих технологій // Науковий світ. – 2011. – № 12. – 4–5 с.
21. Назаров О. М., Нищенко М. М. Наноструктури і нанотехнології. – Київ: НАУ. – 2012. – 248 с.
22. Горохов В. Г. Новітня історія розвитку нанотехнології як технонауки // Наука та наукознавство. – 2009. – № 4. – 43–61 с.
23. Куліш М., Прилуцький Ю. Наноструктури – матеріали ХХІ століття // Вища школа. – 2009. – № 9. – 73–75 с.

24. Михайловський І. М. За нанометровим бар'єром : [інтерв'ю з доктором фіз.-мат. наук, проф. І. М. Михайловським] // Фізика в школах України. – 2012. – № 1. – 4–6 с.
25. Находкін М. Від мікроелектроніки – до наноелектроніки // Вісник НАН України. – 2003. – № 10. – 57–60 с.
26. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект. – Київ: Вид. дім "КМ Академія", 2002. – 366 с.
27. Литвин В.В., Пасічник В.В., Яцишин Ю.В. Інтелектуальні системи. – Львів: «Новий світ-2000», 2009. – 406 с.
28. Конюх В. Л. Основи робототехніки. Ростов-на-Дону : Феникс, 2008. – 282 с.
29. Струтинський В. Б., Юмашев Б. Е., Кравець О. М. Основні етапи розвитку робототехніки // Вісник ЖДТУ. – 2007. – № 4 (49). – 55-59 с.
30. Иванов А. А. Основы робототехники. – Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2011. – 200 с.
31. Лазарев, М. І. Теоретико-інформаційний складник інформаційної культури майбутніх інженерів // Пробл. інж.-пед. освіти : зб. наук. пр. / Укр. інж.-пед. акад. – Харків, 2007. – Вип. 16. – С. 65–73.
32. Морзе Н. В., Варченко-Троценко Л. О., Гладун М. А. Основи робототехніки. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2016. – 184 с.
33. Камаралі Г.В. Інформаційна культура : грані взаємодії / Зб. наук. праць під ред. В. М. Вашкевич. – Київ : ВІР УАН, 2012. – Вип. 58 (№ 3). – С. 398-401.
34. Дзьобань О. П. Філософія інформаційного права : світоглядні й загальнотеоретичні засади. – Харків : Майдан, 2013. – 360 с.

Навчальне видання

Чешко Ірина Володимирівна

Вступ до спеціальності «Електроніка»

Навчальний посібник

Дизайн обкладинки І.В. Чешко
Редактор Н.В. Лисогуб
Комп'ютерне верстання : І.В. Чешко

Формат 60x84/16. Ум.друк. арк.13,48. Обл.-вид. арк.11,07. Тираж 300 пр. Зам.№

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м.Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.