

2. СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ (САПР) В ОБЛАСТІ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ

2.1 Основні види забезпечення функціонування САПР

Слід підкреслити, що процес автоматизації проектування пройшов декілька етапів, перш ніж від вирішення окремих завдань проектування розробники РЕЗ дістали можливість перейти до такого досконалого інструменту для виконання системного проектування, як системи автоматизованого проектування (САПР).

Основні принципові відмінності САПР від методів автоматизації, які вирішують лише окремі завдання:

- 1) можливість комплексного рішення загальної задачі проектування, наприклад, комп'ютерне моделювання складної електронної схеми і далі - рішення задачі розміщення компонентів і трасування друкарської монтажної плати;
- 2) реалізація інтерактивного режиму проектування, при якому здійснюється безперервний процес діалогу “людина – машина (комп'ютер)”;
- 3) можливість імітаційного моделювання радіoeлектронних систем і комплексів в умовах роботи, близької до реальної;
- 4) значне ускладнення програмного і інформаційного забезпечення проектування, а також значне ускладнення технічних засобів систем автоматизованого проектування (САПР).

Сучасні САПР є складними комплексами математичних, програмних, технічних і інших засобів. Тому в складі САПР прийнято виділяти наступні основні види забезпечення їх функціонування (всього 7): математичне, лінгвістичне (мовні засоби), програмне, інформаційне, технічне, організаційне і методичне.

Дамо коротку характеристику кожного із перерахованих видів забезпечення, маючи на увазі радіотехнічні застосування.

Математичне забезпечення включає теорію, методи і алгоритми для організації обчислень в САПР. Наприклад, можна виділити наступні два типи алгоритмів:

- 1) алгоритми вирішення загальних завдань обчислювальної математики, а саме: вирішення систем лінійних рівнянь алгебри, вирішення звичайних диференціальних рівнянь і рівнянь в частинних похідних і тому подібне.
- 2) алгоритми вирішення статистичних завдань: обчислення статистичних характеристик випадкового процесу, побудова гістограм, апроксимація гістограм теоретичним законом і так далі.

Лінгвістичне забезпечення включає мовні засоби. Мови, використовувані в САПР, можна розбити на дві групи: мови програмування і мови проектування (див. рис.2.1).

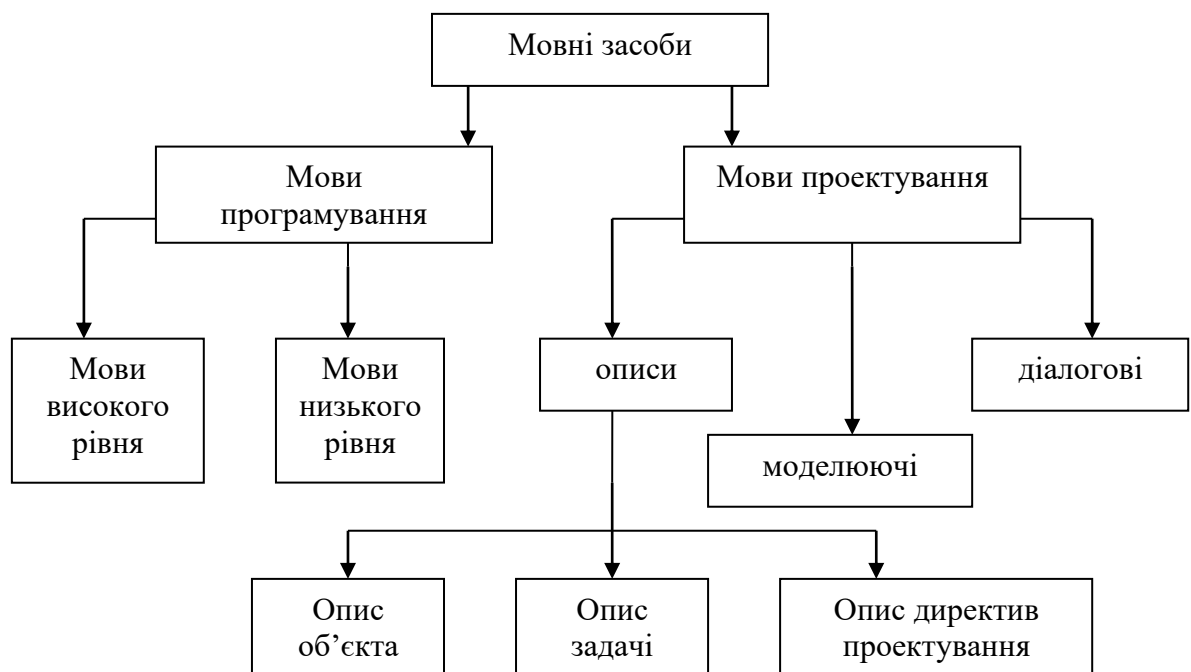


Рисунок 2.1 – Мови програмування і мови проектування САПР

Спочатку відносно мов програмування. Вони призначені для написання текстів програм. До них відносяться мови високого рівня (Фортран, Паскаль, C++ та ін.) і машинно-орієнтовані мови – асемблери (або мови низького рівня). Останні дозволяють створювати найбільш ефективні програми з точки

зору обчислювальних витрат (необхідних об'ємів пам'яті і часу рахунку). Їх істотний недолік: програміст повинен дійти до рівня машинних кодів.

Мови проектування (або вхідні мови) можна розділити на три групи: мови опису, мови моделювання і діалогові мови.

Мова опису, у свою чергу, складається зазвичай з трьох частин: опис об'єкту, опис завдання і опис директив проектування. Наприклад, опис об'єкту типа транзистора включає тип транзистора, тип його моделі в програмі (оскільки один і той же транзистор можна моделювати різними схемами заміщення), параметри цієї моделі, а також топологічні зв'язки транзистора, тобто номери вузлів його підключення, записані в певній послідовності (наприклад, спочатку номер вузла бази, потім вузла колектора, потім – емітера).

У мові опису завдання входять опис вихідних параметрів, що розраховуються, опис умов аналізу параметрів (наприклад, тип варіюваних внутрішніх параметрів, крок і діапазон варіювання і тому подібне), опис алгоритмів розрахунку, аналізу і оптимізації, опис завдання на вивід результатів проектування (наприклад, що і в якому вигляді виводити: таблиця, графік, креслення; параметри вихідного документа: крок друку, масштаб, діапазон та ін.).

Мова опису директив проектування. У простому випадку вона складається з перерахування режимів, в яких повинна послідовно працювати САПР. Наприклад, перелік таких директив при проектуванні схемотехніки: «Статика», «Частотний аналіз», «Часовий аналіз» і тому подібне.

Мови моделювання описують не лише структуру і параметри об'єкту проектування, але і алгоритм його функціонування, тобто зв'язки між сусідніми об'єктами в складній системі. Наприклад, процес передачі і перетворення сигналу від одного блоку до іншого. Як правило, мови моделювання застосовуються лише на першому і другому функціональних рівнях проектування: структурному і функціонально-логічному.

Нарешті, мови діалогу призначені для організації ефективної взаємодії користувача і САПР в процесі проектування. Приведемо типовий фрагмент такого діалогу:

ПЕВМ: Введіть інформацію про схему.

Користувач: (за допомогою клавіатури і дисплея вводить опис схеми).

ПЕВМ: Неправильно введена інформація про транзистор Т5.

Користувач: (коректування інформації про транзистор Т5).

ПЕВМ: Інформація про схему введена.

Вибрати режим: Статика
 Динаміка
 Частотний аналіз
 Оптимізація
 Друк

Користувач: (вибирає, наприклад, режим «Статика»).

ПЕВМ: Вкажіть параметри режиму:

 алгоритм.
 точність.
 максимальне число ітерацій
 початкові умови.

Користувач: (вказує параметри, після чого дає директиву на виконання розрахунку: «Дані введені, виконати режим»)

і так далі.

Інформаційне забезпечення САПР складається з двох частин, які включають:

- відомості про типові елементи РЕА і їх параметри, типові матеріали, типові фрагменти електронних схем;
- способи, алгоритми і програми, які призначені для впорядкованого запису, зберігання, переміщення даних і їх використання.

Перша частина зрозуміла і особливого обговорення не вимагає.

З другою частиною інформаційного забезпечення пов'язано три важливі поняття: база даних (БД), система управління базою даних (СУБД) і банк даних.

База даних – це сукупність масивів даних, організованих так, щоб забезпечити швидкий і зручний пошук будь-яких даних за запитом або їх переміщення і кодування. Наприклад, телефонний довідник з адресами абонентів в м. Київ.

Система управління базою даних (СУБД) – це сукупність мовних засобів і програм, призначених для пошуку потрібних даних, їх переміщення незалежно від прикладних програм різних користувачів. Наприклад, база даних «Цифрові ВІС», яка працює під СУБД «FoxPro», а також “Сучасні АЦП і ЦАП”, яка працює під СУБД “Access”).

В сукупності БД і СУБД утворюють банк даних.

Програмне забезпечення. У програмне забезпечення входять тексти програм і документи, необхідні для їх експлуатації: інструкції для користувача, текстові програми для діагностики помилок і збоїв та ін. Сюди входять операційні системи, а також наочні програми. Приклади наочних програм САПР для проектування схемотехніки: програми складання математичних моделей радіотехнічних пристроїв (РТП), програми розрахунку перехідних процесів і частотних характеристик, моделювання логічних і цифрових схем і тому подібне.

Оскільки програмне забезпечення займає одне з центральних місць, то часто систему автоматизованого проектування (САПР) називають ще пакетом прикладних програм.

Нарешті, дамо коротку характеристику останнім трьом видам забезпечення: технічному, організаційному і методичному, які мають очевидний зміст.

Технічне забезпечення. До складу технічного забезпечення САПР входять комп'ютери (у тому числі спеціалізовані – робочі станції і сервери) і периферійне допоміжне устаткування, яке забезпечує зручність взаємодії

проектувальника і САПР. До периферійних засобів належать: пристрої графічного введення, сканери, принтери, плоттери (графічні пристрої).

Організаційне забезпечення САПР – це сукупність правил, інструкцій і документів, що регламентують склад груп обслуговування САПР, їх обов'язки і взаємодію.

Методичне забезпечення САПР – це описи програм, баз даних, мов проектування і різні інструкції по використанню всіх видів забезпечення САПР.

2.2 Загальні відомості про об'єкти і завдання проектування схемотехніки (моделювання)

Спочатку визначимо деякі загальні поняття, які відносяться до проектування будь-яких пристроїв незалежно від їх фізичної природи.

Введемо поняття параметрів елементів (або компонентів), параметрів пристрою і параметрів зовнішнього середовища.

Параметри елементів (або компонентів), з яких складається проєктований пристрій, називатимемо внутрішніми; параметри пристроїв, за якими оцінюється його якість – вихідними; параметри зовнішніх інформаційних сигналів, що діють на пристрій – вхідними; параметри зовнішнього середовища – зовнішніми.

Приклад (стосовно проектування транзисторного підсилювача): параметри самих транзисторів і пасивних елементів, що входять до складу цього підсилювача – внутрішні параметри; споживана потужність, коефіцієнт гармонійних спотворень – чисельні вихідні параметри; АЧХ і ФЧХ – функціональні вихідні параметри (вихідні характеристики); частота і амплітуда вхідного сигналу – чисельні вхідні параметри; спектральна характеристика вхідного сигналу – функціональний вхідний параметр; температура навколишнього середовища – зовнішній параметр.

2.3 Основні завдання проектування схемотехніки

Кожен з п'яти функціональних рівнів проектування: АСтП, АФЛП, АСхП, АКП і АКТП – включає вирішення наступних завдань: розрахунку, аналізу, оптимізації, синтезу і випуску технічної документації. Ці завдання називають також проектними процедурами. Розглянемо ці завдання на прикладі проектування схемотехніки, які мають тут наступний вміст.

Розрахунок – визначення вихідних параметрів і характеристик пристроїв при незмінних значеннях його внутрішніх параметрів і постійній структурі. Приклад: розрахунок широкосмугового підсилювача, включаючи розрахунок режиму по постійному струму, смугу пропускання, площу посилення і тому подібне.

Аналіз – визначення зміни вихідних параметрів і характеристик пристрою залежно від зміни його внутрішніх і вхідних параметрів. В разі вживання ПЕОМ завдання розрахунку часто називається одноваріантним аналізом, а завдання аналізу – багатоваріантним аналізом. Наприклад, варіація (stepping) номіналів пасивних компонентів оцінює їх вплив на функціональні вихідні характеристики (АЧХ і ФЧХ) підсилювача.

Оптимізація – визначення найкращих, в тому або іншому сенсі, значень вихідних параметрів і характеристик шляхом цілеспрямованої зміни внутрішніх параметрів пристрою (при параметричній оптимізації) або структури пристрою (при структурній оптимізації). При цьому велике значення має досвід розробника або використовується спеціальний математичний апарат теорії чутливості.

Підкреслимо, що найбільш складними процедурами є завдання параметричного і структурного синтезу. У загальному випадку синтезом називається генерація вихідного варіанту пристрою, включаючи його структуру (структурний синтез) і значення внутрішніх параметрів (параметричний синтез). Вказана генерація може виконуватися різними способами: вибором із уже відомих пристроїв, побудовою на основі певних

теоретичних співвідношень, шляхом винахідництва, евристичного рішення та ін. Приклади: подвійний RC-міст Віна, схема RC-генератора Сифорова, автогенератор за схемою Клаппа, та ін. Отриманий в результаті синтезу пристрій не обов'язково має бути найкращим, але обов'язково працездатним, тобто мати практичний сенс. Якщо ж отриманий пристрій – найкраще в якому-небудь сенсі, то такий синтез називається оптимальним. Підкреслимо, що завдання синтезу – це вельми складне завдання і в більшості випадків не може бути вирішене автоматично без участі і допомоги фахівця-розробника. Врешті-решт будь-який складний алгоритм і відповідна йому програма розробляються людиною.

Рішення **задачі розробки і випуску технічної документації** необхідне для виготовлення і подальшої експлуатації конкретного радіоелектронного пристрою. На цьому етапі виконується компоновка і розміщення елементів і вузлів, розводка друкарських і дротяних з'єднань, а також вирішуються завдання тепловідводу, електричної міцності, захисту від зовнішніх дій і тому подібне. Потім проводиться технологічна підготовка виробництва, яка передбачає розробку технологічних процесів виготовлення окремих блоків і всієї системи в цілому.

2.4 Типи об'єктів проектування схемотехніки

Як правило, всі РЕП, що проектуються на ПЕОМ, розділяють на три типи: аналогові, дискретні і цифрові.

До аналогових відносяться пристрої, в яких використовуються аналогові сигнали, або сигнали аналогічні фізичному процесу, який їх викликав. Ці сигнали є безперервними в часі. Приклади: сигнал гармонійної форми, пилкоподібні, трикутні та ін.

У дискретних пристроях використовуються дискретні сигнали, які утворюються з аналогових шляхом дискретизації за часом.

До цифрових відносять пристрої, робочі сигнали яких закодовані у вигляді чисел, що зазвичай представляються в двійковому коді цифрами 0 і 1 (тригери, лічильники, регістри, мікропроцесори, мікроконтролери і тому подібне). Ці сигнали отримують з аналогових шляхом використання двох операцій: дискретизація (здобуття вибірок, відліків) і квантування.

Нарешті, існують проміжні класи пристроїв: аналого-дискретні і аналого-цифрові.

У аналого-дискретних пристроях використовують дискретний спосіб зміни параметрів аналогових пристроїв без явного дискретизатора. Наприклад, електронні схеми на перемикальних МОН - конденсаторах.

До аналого-цифрових пристроїв відносяться різного типу перетворювачі: аналого-цифрові (аналог – код, АЦП), цифро-аналогові (код – аналог, ЦАП), спецобчислювачі, процесори з аналоговими пристроями введення і виводу та ін.