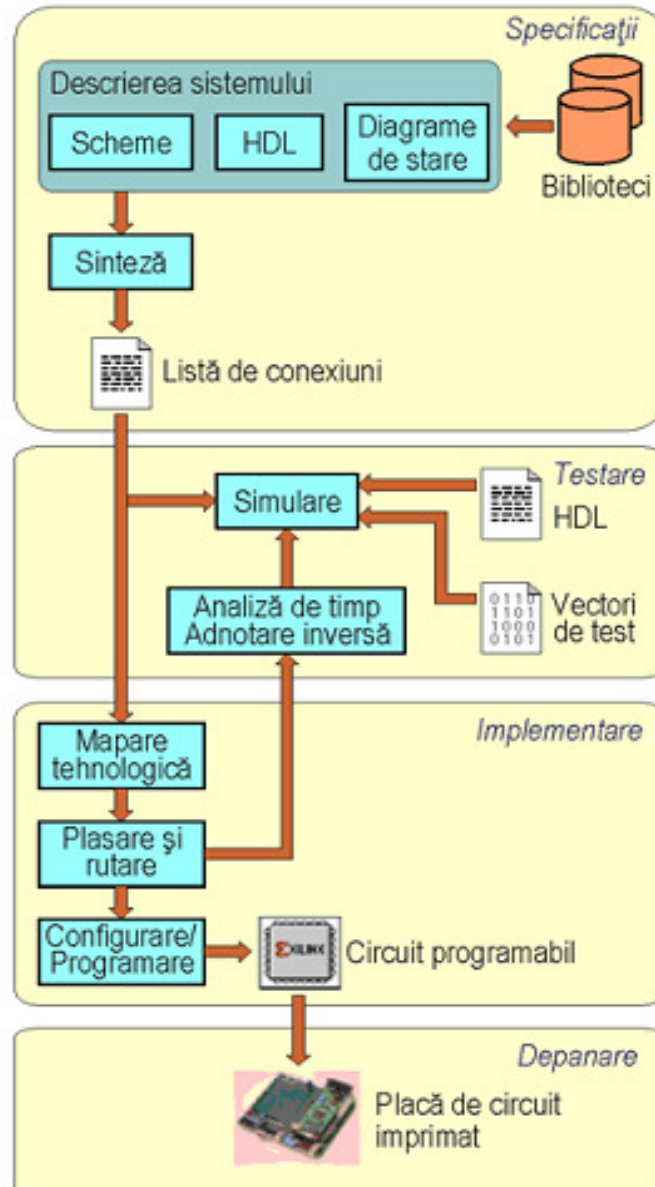


Etapele de proiectare cu circuite programabile

Pentru proiectarea sistemelor digitale utilizând circuite programabile, cum sunt circuitele FPGA și CPLD, se utilizează pachete de programe de proiectare asistată de calculator (CAD – *Computer Aided Design*). Aceste pachete de programe asistă proiectantul în toate etapele procesului de proiectare. Astfel, majoritatea pachetelor CAD pentru circuitele programabile asigură următoarele funcții principale:



1. **Specificarea** (descrierea) sistemului digital; Principalele metode pentru descrierea sistemelor digitale:

- prin scheme logice,
- prin limbaje de descriere hardware (HDL – Hardware Description Language).

2. **Sinteza** descrierii, deci transformarea acesteia într-o listă de conexiuni conținând porți elementare și interconexiunile dintre ele; Această translație se realizează cu ajutorul unui program de sinteză din cadrul sistemului CAD.

Lista de conexiuni (“netlist”) este o descriere compactă a sistemului digital sub formă textuală, în care sunt specificate componentele sistemului, interconexiunile dintre acestea și pinii de intrare/ieșire. Această listă este prelucrată de celelalte componente ale sistemului CAD pentru realizarea etapelor următoare din cadrul procesului de proiectare.

3. **Simularea** funcționării sistemului pe baza listei de conexiuni obținute, înainte de implementarea într-un anumit circuit;

În această etapă se utilizează un program simulator pentru verificarea funcționării sistemului proiectat. Această verificare se referă doar la aspectele funcționale ale sistemului, fără a se lua în considerare întârzierile semnalelor, care vor fi cunoscute numai după implementare.

Pentru verificarea funcțională proiectantul furnizează simulatorului mai multe combinații ale valorilor semnalelor de intrare, o asemenea combinație fiind numită **vector de test**. De asemenea, proiectantul poate specifica valorile semnalelor de ieșire care trebuie generate de sistem pentru fiecare vector de test.

4. **Implementarea** sistemului într-un circuit prin adaptarea listei de conexiuni pentru a se utiliza în mod eficient resursele disponibile ale circuitului;

a) Maparea tehnologică

Această etapă constă dintr-o serie de operații care realizează prelucrarea listei de conexiuni și adaptarea acesteia la particularitățile și resursele disponibile ale circuitului utilizat pentru implementare. Cele mai obișnuite operații sunt:

- adaptarea la elementele fizice ale circuitului,
- optimizarea și verificarea regulilor de proiectare (de exemplu, testarea depășirii numărului pinilor de I/E disponibili în cadrul circuitului). În timpul acestei etape, proiectantul selectează tipul circuitului programabil care va fi utilizat, capsula circuitului integrat, viteza și alte opțiuni specifice circuitului respectiv.

În urma execuției operațiilor din etapa de mapare tehnologică se generează un raport detaliat al rezultatelor tuturor programelor executate. Pe lângă mesaje de eroare și de avertizare, se creează de obicei o listă cu resursele utilizate din cadrul circuitului.

b) Plasarea și rutarea

Aceste operații sunt executate în cazul utilizării unui circuit FPGA pentru implementare.

Pentru proiectarea cu circuite CPLD, operația echivalentă este numită adaptare (“fitting”).

Plasarea este procesul de selectare a unor module sau blocuri logice ale circuitului programabil care vor fi utilizate pentru implementarea diferitelor funcții ale sistemului digital.

Rutarea constă în interconectarea acestor blocuri logice utilizând resursele de rutare disponibile ale circuitului.

Majoritatea sistemelor CAD realizează operațiile de plasare și rutare în mod automat, astfel încât utilizatorul nu trebuie să cunoască detaliile arhitecturii circuitului utilizat pentru implementare.

c) Analiza de timp

Pachetele de programe CAD pentru proiectarea sistemelor digitale conțin de obicei un program numit analizor de timp, care poate furniza informații despre întârzierile semnalelor. Aceste informații se referă atât la întârzierile introduse de blocurile logice, cât și la întârzierile datorate interconexiunilor.

Proiectantul poate utiliza informațiile despre întârzierile semnalelor pentru a realiza o nouă simulare a sistemului, în care să se țină cont de aceste întârzieri. Această operație prin care se furnizează simulatorului informații detaliate despre întârzierile semnalelor se numește adnotare inversă (“back-annotation”).

Anumite sisteme permit utilizatorilor experți plasarea și rutarea manuală a unor porțiuni critice ale sistemului digital pentru a obține performanțe superioare.

5. Configurarea (programarea) circuitului pentru ca acesta să realizeze funcția dorită.

Operația de configurare se referă la circuitele programabile bazate pe memorii volatile SRAM (Static Random Access Memory) și constă din încărcarea informațiilor de configurare în memoria circuitului.

Operația de programare se referă la circuitele programabile bazate pe memorii nevolatile (cum sunt circuitele care conțin antifuzibile). Această operație

se execută similar cu cea de configurare, dar informațiile de configurare sunt păstrate și după întreruperea tensiunii de alimentare.

La sfârșitul operațiilor de plasare și rutare, se generează un fișier care conține toate informațiile ce se referă atât la configurarea blocurilor logice ale circuitului, cât și la specificarea interconexiunilor dintre blocurile logice. Fișierul în care se înscriu aceste informații conține, în principiu, un șir de biți (“**bitstream**”), fiecare bit indicând starea închisă sau deschisă a unui comutator. Circuitele programabile conțin un număr mare de asemenea comutatoare, un comutator fiind realizat sub forma unui tranzistor sau a unei celule de memorie. Un bit de 1 din șirul de biți va determina închiderea unui comutator și, deci, stabilirea unei conexiuni.

Biții din acest fișier de configurare sunt aranjați într-un anumit format pentru a realiza o corespondență între un bit și comutatorul corespunzător.

Conținutul fișierului de configurare se transferă la circuitul programabil, aflat de obicei pe o placă de circuit imprimat împreună cu alte circuite.

Din cauza memoriei volatile, circuitul trebuie configurat din nou după fiecare întrerupere a tensiunii de alimentare. Informațiile de configurare pot fi păstrate într-o memorie nevolatilă PROM, existând posibilitatea configurării automate a circuitului din această memorie nevolatilă la aplicarea tensiunii de alimentare.

Configurarea sau programarea se pot realiza utilizând interfața paralelă a calculatorului. Pentru aceasta, este necesar ca placa cu circuitul programabil să conțină un conector pentru interfața paralelă, pentru transfer utilizându-se un cablu parallel (DB25). O altă posibilitate este utilizarea unui cablu special și a unei metodologii de configurare propuse de organizația JTAG (Joint Test Advisory Group). Această metodologie este cunoscută și sub numele de “Boundary-Scan”.

6. Depanarea sistemului

În această ultimă etapă a procesului de proiectare se verifică funcționarea sistemului digital proiectat în condiții reale. O funcționare necorespunzătoare se poate datora nerespectării specificațiilor de proiectare, a specificațiilor circuitului utilizat pentru implementare, a unor aspecte legate de întârzierea semnalelor etc. Depanarea poate fi simplificată dacă circuitul se configurează astfel încât să conțină unele module speciale care permit citirea valorii unor semnale în timpul funcționării și transferul acestor informații la calculator, utilizând un cablu JTAG și un program special pentru vizualizarea semnalelor dorite.