

# **Sisteme de calcul dedicate**

# Informații despre curs

- Notare
  - 50% Prezentarea proiectului
  - 50% Examen
- Pagina web:
  - <http://masterat.fcim.utm.md/>
  - Curs → Sisteme de calcul dedicate

# Bibliografie (2)

- Noergaard, Tammy: *Embedded Systems Architecture*, Newnes/Elsevier, 2005, ISBN 0-7506-7792-9;
- <http://microchip.com>
- <http://atmega.com>

# Cuprins

- 1. Introducere
- 2. Modele și limbaje pentru specificația sistemelor
- 3. Microcontrolere
- 4. Procesoare dedicate
- 5. Interfețe de comunicație
- 6. Periferice pentru sisteme dedicate
- 7. Dezvoltarea programelor
- 8. Sisteme de operare dedicate

# Introducere

- **Sisteme de calcul dedicate**
- **Aplicații**
- **Caracteristici**
- **Tehnologii**
  - Tehnologii de procesoare
  - Tehnologii de fabricație
  - Tehnologii de proiectare

# Sisteme de calcul dedicate (1)

- Sisteme de calcul: sunt produse milioane de sisteme în fiecare an
  - PC
  - Calculatoare portabile
  - Servere
  - Calculatoare mari (“*mainframe*”)
- Sisteme de calcul încapsulate (“*embedded*”): sunt produse miliarde de sisteme în fiecare an



# Sisteme de calcul dedicate (2)

- Definiții:
  - Sistem de calcul încorporat într-un anumit dispozitiv electronic → dedicat pentru o funcție particulară
  - Orice sistem de calcul diferit de un calculator de uz general
- Există zeci de sisteme de calcul dedicate în fiecare locuință și automobil

# Introducere

- Sisteme de calcul dedicate
- Aplicații
- Caracteristici
- Tehnologii
  - Tehnologii de procesoare
  - Tehnologii de fabricație
  - Tehnologii de proiectare



# Aplicații (1)

- Automobile



- ABS (*Anti-lock Braking System*)
- ESP (*Electronic Stability Program*)
- Airbag
- Controlul transmisiei
- Suspensie activă
- Cheie inteligentă

# Aplicații (2)

- Trenuri



- Avioane



- Telecomunicații



# Aplicații (3)

- Sisteme medicale



- Aplicații militare

- Radare
- Sisteme de navigație
- Armament



# Aplicații (4)

- Electronică de consum
  - Aparate TV
  - Decodoare TV
  - Camere digitale
  - Telefoane mobile
  - Calculatoare PDA
  - Aparate GPS
  - Aparate DVD, MP3



# Aplicații (5)

- Echipamente de birou

- Copiatoare
- Imprimante
- Scanere



- Aparate electrocasnice

- Cuptoare cu microunde
- Mașini de spălat
- Termostate





# Aplicații (6)

- Automatizări industriale



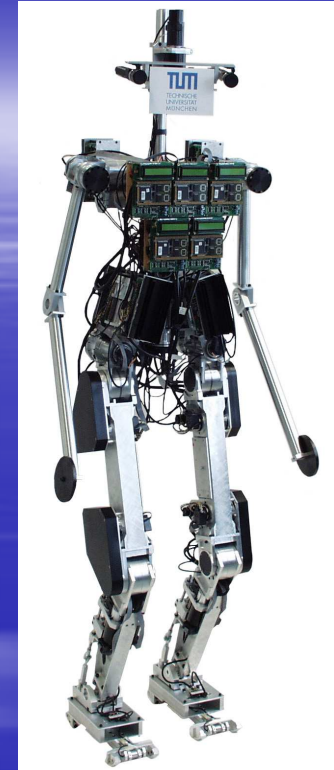
- Construcții





# Aplicații (7)

- Robotică



# Aplicații (8)

- Componente pentru calculatoare

- Procesoare de 8 biți

- Interfață USB
- Tastatură, mouse



- Procesoare de 32 biți

- Unități de discuri
- Plăci de rețea
- Interfețe IR, Bluetooth



# Introducere

- Sisteme de calcul dedicate
- Aplicații
- Caracteristici
- Tehnologii
  - Tehnologii de procesoare
  - Tehnologii de fabricație
  - Tehnologii de proiectare

# Caracteristici (1)

- Executarea unei funcții unice
  - Execută un singur program, în mod repetat
  - Excepții:
    - Actualizarea programului cu o nouă versiune
    - Executarea alternativă a mai multor programe
- Constrângeri stricte
  - Costuri reduse
  - Dimensiuni reduse
  - Putere consumată foarte redusă
  - Viteză de prelucrare ridicată



# Caracteristici (2)

- **Sisteme reactive și în timp real**
  - Trebuie să reacționeze în mod continuu la schimbările de mediu
  - Trebuie să calculeze anumite rezultate în timp real
  - Exemplu: controlul vitezei de croazieră al unui automobil

# Introducere

- Sisteme de calcul dedicate
- Aplicații
- Caracteristici
- Tehnologii
  - Tehnologii de procesoare
  - Tehnologii de fabricație
  - Tehnologii de proiectare



# Tehnologii de procesoare

- Arhitectura de calcul utilizată pentru implementarea funcției sistemului
- Tehnologii:
  - Procesoare de uz general → *microprocesoare*
  - Procesoare dedicate → *coprocesoare, acceleratoare, periferice*
  - Procesoare specifice aplicației → ASIP (*Application-Specific Instruction-set Processor*)

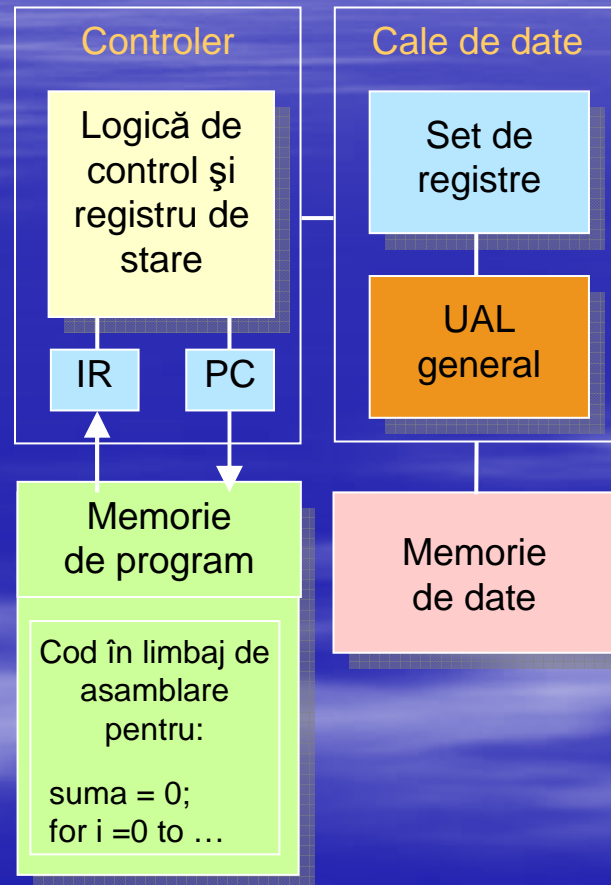
# Procesoare de uz general (1)

- Programabile pentru diferite tipuri de aplicații
- Caracteristici:
  - Existența unei memorii de program
  - Cale de date generală: număr mare de registre; una sau mai multe UAL generale
- Avantaje:
  - Timp și costuri de proiectare reduse
  - Flexibilitate ridicată

# Procesoare de uz general (2)

- Dezavantaje:
  - Costuri unitare relativ ridicate pentru cantități mari
  - Performanțe reduse pentru anumite aplicații
  - Dimensiuni mari
  - Putere consumată ridicată
- Exemplu: Procesor de uz general pentru însumarea elementelor unui tablou

# Procesoare de uz general (3)



# Procesoare dedicate (1)

- Circuite digitale proiectate să execute un singur program
  - Coprocesoare, acceleratoare, periferice
- Avantaje:
  - Performanțe ridicate
  - Dimensiuni mici
  - Putere consumată redusă
  - Costuri unitare reduse pentru cantități mari

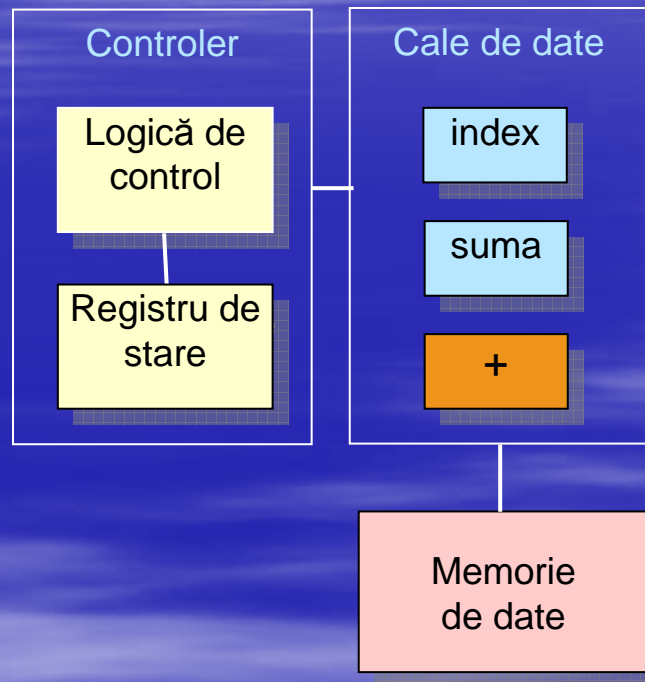


# Procesoare dedicate (2)

- Dezavantaje:
  - Timp și costuri de proiectare ridicate
  - Flexibilitate redusă
  - Costuri unitare ridicate pentru cantități mici
- Exemplu: Procesor dedicat pentru însumarea elementelor unui tablou
  - Calea de date conține numai componentele esențiale pentru execuția programului
  - Nu este necesară o memorie de program



# Procesoare dedicate (3)



# Procesoare specifice aplicației (1)

- ASIP – procesor programabil optimizat pentru o clasă de aplicații cu caracteristici comune
  - Se poate optimiza calea de date
  - Compromis între procesoarele de uz general și cele dedicate
  - Microcontrolere și procesoare de semnal
- Avantaje:
  - Flexibilitate și performanțe ridicate
  - Putere consumată și dimensiuni reduse

# Procesoare specifice aplicației (2)

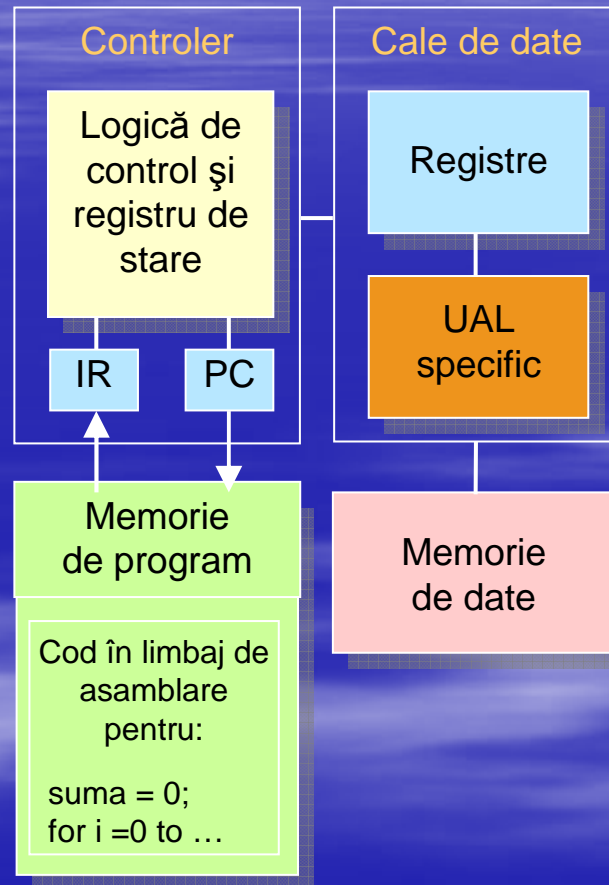
- Dezavantaje:
  - Costuri ridicate pentru proiectarea procesorului și realizarea compilatorului
- Microcontrolere
  - Microprocesoare optimizate pentru aplicații dedicate
  - Cale de date simplă
  - Operații la nivel de bit
  - Conțin periferice tipice: UART, numărătoare, contoare de timp, convertoare N/A și A/N

# Procesoare specifice aplicației (3)

- Procesoare de semnal (DSP)
  - Microprocesoare proiectate pentru operații tipice asupra semnalelor digitale
  - Necesită operații aritmetice intensive: înmulțire și adunare, deplasare și adunare
  - UAL specializate, de exemplu:  $A=A+M[i]*k$
  - Creșterea vitezei: citirea secvențială a locațiilor de memorie în paralel cu alte operații

# Procesoare specifice aplicației

(4)





# Introducere

- Sisteme de calcul dedicate
- Aplicații
- Caracteristici
- Tehnologii
  - Tehnologii de procesoare
  - Tehnologii de fabricație
  - Tehnologii de proiectare

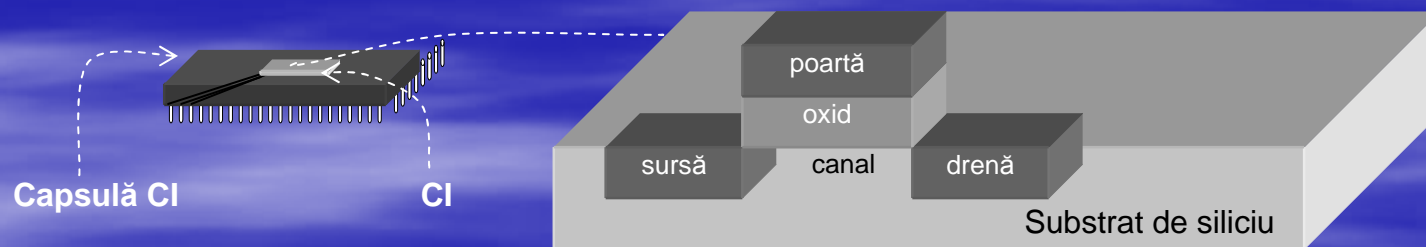


# Tehnologii de fabricație (1)

- Implementarea sistemului dedicat într-un circuit integrat (CI)
  - CI: dispozitiv semiconductor format din tranzistoare și alte circuite interconectate
  - Diferite procese pentru realizarea elementelor semiconductoare → CMOS
  - Semiconductori – formați din diferite straturi: tranzistoare; componente logice; conexiuni

# Tehnologii de fabricație (2)

- Straturile se pot crea prin depozitarea unor substanțe fotosensibile → acțiunea luminii prin intermediul unor măști
- Tehnologia de fabricație este independentă de tehnologia procesorului



# Tipuri de tehnologii de fabricație

## (1)

- VLSI

- Toate straturile sunt optimizate pentru un anumit sistem dedicat
  - Plasarea tranzistoarelor
  - Dimensionarea tranzistoarelor
  - Rutarea conexiunilor
- Avantaje: performanțe ridicate; dimensiuni și putere consumată reduse
- Dezavantaje: costuri și timpi de proiectare mari

# Tipuri de tehnologii de fabricație

## (2)

- *ASIC (Application-Specific Integrated Circuit)*
  - Straturile inferioare sunt realizate complet sau parțial
  - Proiectantul finalizează straturile superioare
  - Matrici de porți (*Gate Arrays*)
    - Măștile pentru nivelul tranzistoarelor și cel al porților sunt realizate din fabricație
    - Proiectantul trebuie să interconecteze porțile conform sistemului cerut

# Tipuri de tehnologii de fabricație

## (3)

- Celule standard (*Standard Cell*)
  - Sunt realizate din fabricație porțiunile măștilor pentru anumite celule logice
  - Proiectantul trebuie să aranjeze porțiunile existente pentru masca finală la nivelul porților și să interconecteze celulele
- Avantaje: performanțe ridicate; dimensiuni reduse; costuri mai mici (față de VLSI)
- Dezavantaje: timpi de fabricație relativ mari



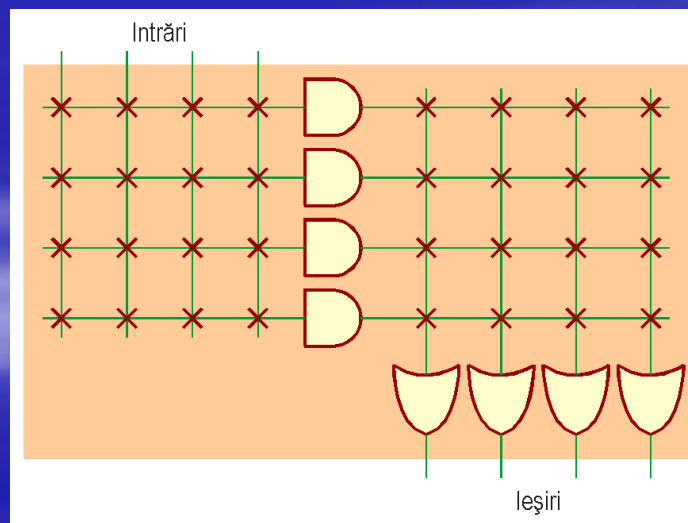
# Tipuri de tehnologii de fabricație (4)

- **PLD (*Programmable Logic Device*)**
  - Sunt realizate din fabricație toate straturile
  - Circuitul este configurabil (programabil): crearea sau distrugerea unor conexiuni
    - Fuzibile
    - Comutatoare programabile
  - Tipuri de circuite PLD:
    - Simple: PLA, PAL
    - Complexe: CPLD, FPGA

# Tipuri de tehnologii de fabricație

## (5)

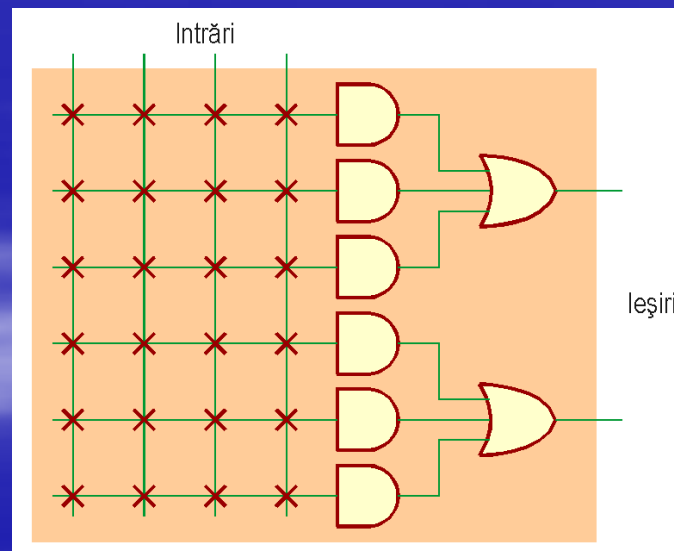
- PLA (*Programmable Logic Array*): rețele programabile de porți ȘI, respectiv SAU
  - Se generează termeni produs
  - Se conectează termenii cu porți SAU



# Tipuri de tehnologii de fabricație

## (6)

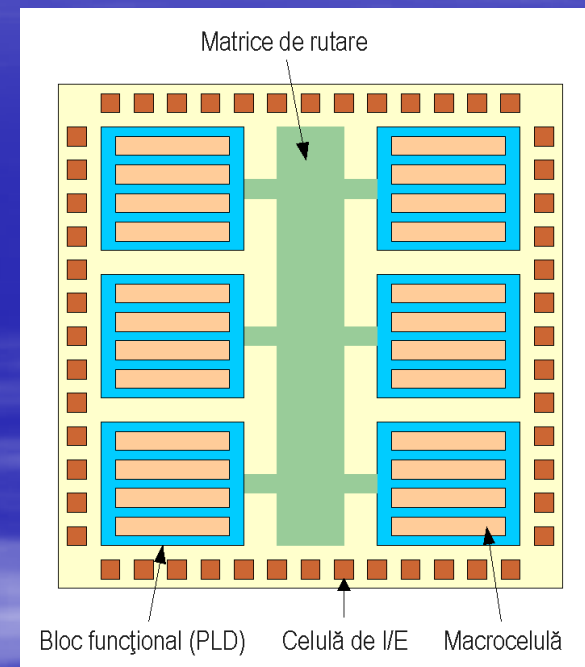
- PAL (*Programmable Array Logic*): o singură rețea programabilă de porți ȘI
  - Rețeaua de porți SAU are conexiuni fixe



# Tipuri de tehnologii de fabricație

## (7)

- CPLD (*Complex PLD*):  
conțin blocuri funcționale  
asemănătoare unor circuite  
PLD
  - Macrocelule
  - Matrice de rutare

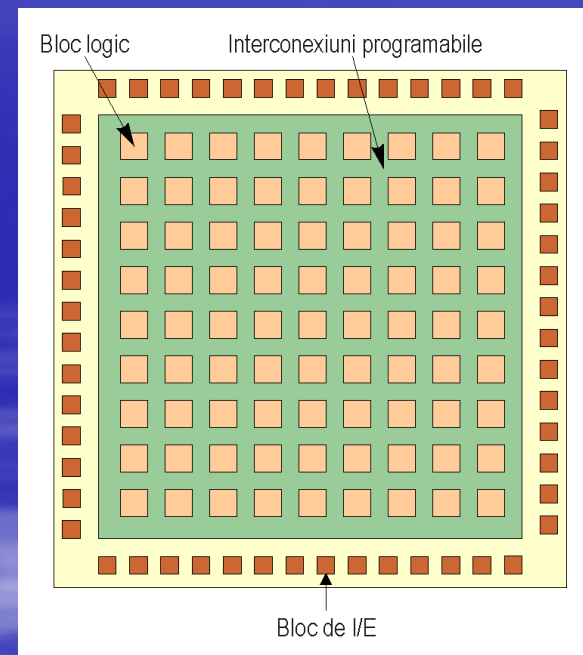


# Tipuri de tehnologii de fabricație

(8)

– FPGA (*Field Programmable Gate Array*): rețea de celule sau blocuri logice

- Blocurile logice pot fi configurate pentru a realiza o funcție logică
- Comutatoare programabile pentru interconectare





# Tipuri de tehnologii de fabricație (9)

## – Avantaje ale tehnologiei PLD:

- Costuri de proiectare foarte reduse
- Disponibilitate imediată a circuitelor

## – Dezavantaje ale tehnologiei PLD:

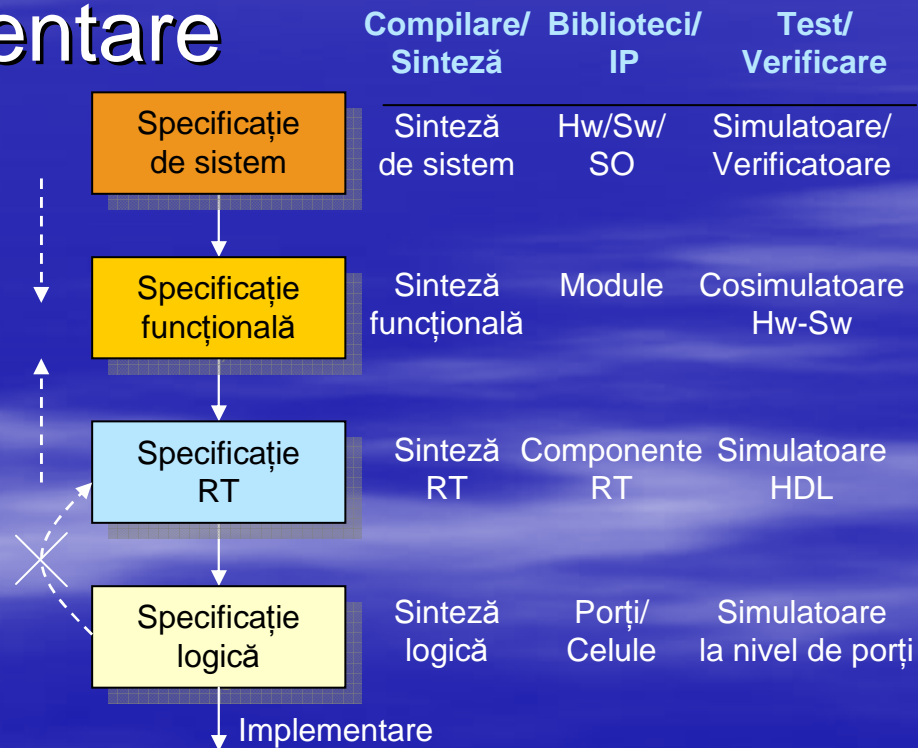
- Costuri unitare mai mari
- Dimensiuni mai mari
- Putere consumată mai ridicată
- Viteză de funcționare mai redusă (în special circuitele FPGA)

# Introducere

- Sisteme de calcul dedicate
- Aplicații
- Caracteristici
- Tehnologii
  - Tehnologii de procesoare
  - Tehnologii de fabricație
  - Tehnologii de proiectare

# Tehnologii de proiectare

- Indică modul în care se translatează proiectul unui sistem într-o implementare



# Metode de creșterea eficienței

## (1)

- **Compilare/Sinteză**
  - Permite specificarea funcționării într-un mod abstract
  - Generează în mod automat detaliile de implementare
  - Utilitare pentru sinteza de sistem: convertesc o specificație de sistem într-un set de programe secvențiale
  - **Compilatoare software**: convertesc un program secvențial în limbaj de asamblare

# Metode de creșterea eficienței (2)

- Utilitare pentru sinteza funcțională: convertesc un program secvențial în automate de stare și transferuri între registre
- Utilitare pentru sinteza RT: convertesc automatele de stare și transferurile între registre într-o cale de date cu componente RT și un controler definit prin ecuații Booleene
- Utilitare pentru sinteza logică: convertesc ecuațiile Booleene într-o listă de conexiuni între porțile logice (*netlist*)



# Metode de creștere a eficienței (3)

## ■ Biblioteci/IP

- Biblioteci: permit reutilizarea unor module existente
- Biblioteci la nivel de sistem: pot conține sisteme complete pentru anumite aplicații (procesoare + SO + programe)
- Biblioteci la nivel funcțional: conține componente utilizate frecvent (interfețe, controlere pentru afișaje, procesoare)
  - Pot fi implementate într-o porțiune a CI → module (cores)
  - Module IP (*Intellectual Property*)

# Metode de creștere a eficienței

(4)

- Biblioteci la nivel RT: conțin scheme pentru componente RT (MUX, DCD, registre)
- Biblioteci la nivel logic: conțin scheme de amplasare în CI pentru porți și celule

## ■ Test/Verificare

- Asigură corectitudinea funcțională
- Simularea: metoda cea mai utilizată de testare
- Simulatoare la nivel de sistem: simulează specificația inițială a sistemului utilizând un model abstract
  - Verificatoare: testează anumite proprietăți ale specificației

# Metode de creștere a eficienței (5)

- Simulatoare la nivel funcțional:
  - Simulatoarele HDL simulează programele secvențiale
  - Cosimulatoarele Hw/Sw conectează simulatoarele HDL și cele ale procesoarelor
- Simulatoare la nivel RT: execută descrierile de la nivelul RT și afișează diagramele de timp ale semnalelor de ieșire
- Simulatoare la nivel logic: simulează ecuațiile logice la nivel de porți și afișează diagramele de timp ale semnalelor de ieșire