Architettura dei Calcolatori
Parte Operativa e
Parte Controllo

Ing. dell'Automazione

A.A. 2011/12

Gabriele Cecchetti

Reti Sequenziali Sincrone

- Sommario:
  - Unità con Parte Operativa e Parte Controllo
- Riferimenti
  - G. Corsini "Dalle porte AND OR NOT al sistema calcolatore: un viaggio nel mondo delle reti logiche": cap. "Reti Sequenziali Sincrone"

Formalizzazione delle RSS di Mealy ritardato tramite programmi (1/2)

```
L0: OUTR:=0; goto {if <x1 x0> eq 11 then L1
  else L0}
L1: OUTR:=0; goto {if <x1 x0> eq 01 then L2
  else if <x1 x0> eq 11 then L1 else L0}
L2: OUTR:=if <x1 x0> eq 10 then 1 else 0; goto
  {if <x1 x0> eq 11 then L1 else L0}
```

Ove: Lh ⇔ Sh ed eseguire lo statement Lh significa:

1) calcolare sia lo stato di uscita (espressione a dx. di `:=`);
2) calcolare lo stato interno successivo (espressione a dx. di **`goto`**);
3) dopo il clock rinnovare OUTR e STAR.

Formalizzazione delle RSS di Mealy ritardato tramite programmi (2/2)

Ogni *statement* k-esimo del programma è costituito da:

- Un *etichetta* Lk in corrispondenza biunivoca con lo stato interno (Lh ⇔ Sh)
- Una *microoperazione* che ha la forma OUTR=$f^k(X)$
- Un microsalto che in generale ha la forma:

  `goto` `{`**`if`** `condition`^{k1}`(X)` **`then`** L^{k1}_T **`else`** `if …`
  `condition`^{kP}`(X)` **`then`** L^{kP}_T **`else`** L^{k}_F`}`
- L'insieme dei microsalti costituisce il *flusso di controllo*;
- L'insieme delle microperazioni rappresenta il *flusso dei dati*.

Rete combinatoria operativa

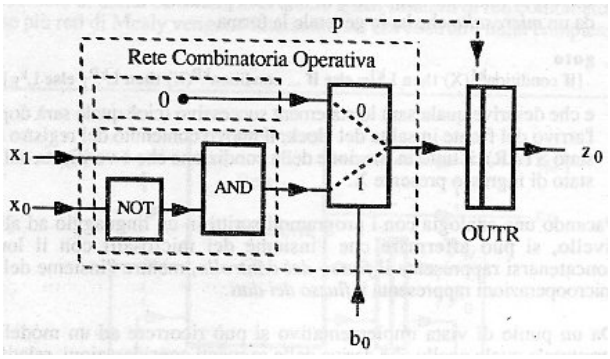
Sono presenti due microoperazioni:

```
OUTR:=0
OUTR:=if <x1 x0> eq 10 then 1 else 0
```

Esse possono essere compattate nella microoperazione globale:

```
OUTR:=case <b0> of
      { 0 : 0.
        1 : if <x1 x0> eq 10 then 1 else 0}
```

Implementabile con il seguente circuito sequenziale (*rete combinatoria OPERATIVA*) dove b0 è la var. di comando.



Rete combinatoria di condizionamento

b0 può essere generata da un RSS di Moore per mezzo del seguente programma.

```
L0: <b0>=0; goto {if <x1 x0> eq 11 then L1 else L0}
L1: <b0>=0; goto {if <x1 x0> eq 01 then L2 else if <x1
x0> eq 11 then L1 else L0}
L2: <b0>=1; goto {if <x1 x0> eq 11 then L1 else L0}
```

Si noti che i microsalti possono essere di 2 tipi:

```
if <x1 x0> eq 11 then …
if <x1 x0> eq 01 then …
```

Allora è possibile definire una rete combinatoria di condizionamento avente in ingresso x1 ed x0 che genera le var. c1 e c0:

```
c1 = if <x1 x0> eq 11 then 1 else 0
c0 = if <x1 x0> eq 01 then 1 else 0
```

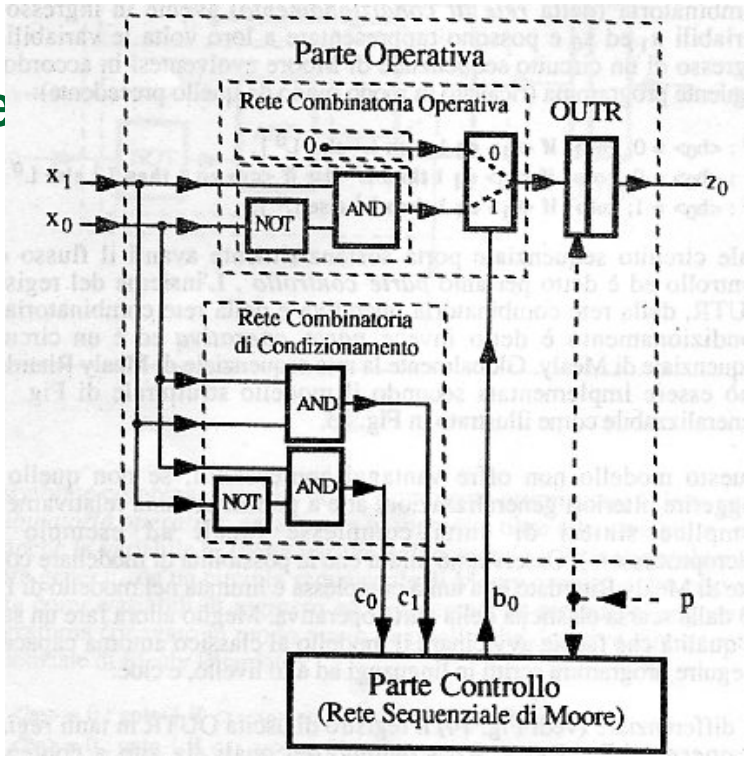
Parte controllo

Il circuito che porta avanti il flusso di controllo è detto ***parte controllo*** ed è espresso quindi dal seguente programma:

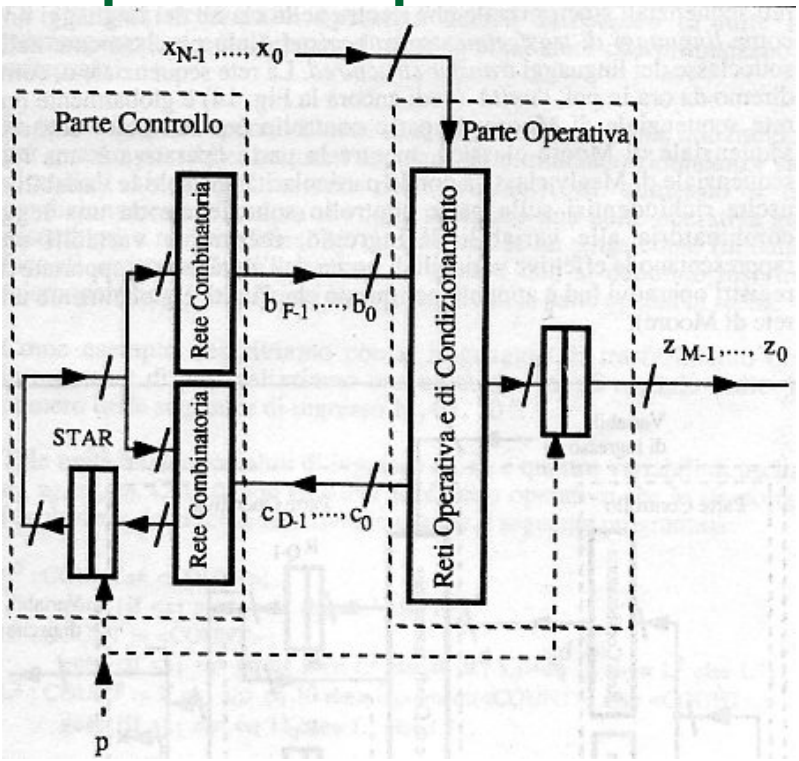
```
L0: <b0>=0; goto {if <c1> eq 1 then L1 else L0}
L1: <b0>=0; goto {if <c0> eq 1 then L2 else if <c1> eq
1 then L1 else L0}
L2: <b0>=1; goto {if <c1> eq 1 then L1 else L0}
```

L'insieme del registro OUTR, la rete combinatoria operativa e la rete combinatoria di condizionamento è invece detto ***parte operativa***.

Modello di Mealy ritardato per il riconoscitore di sequenza con parte operativa e parte controllo



Modello generalizzato di Mealy ritardato con parte operativa e parte controllo



Considerazioni sul modello generalizzato di Mealy Ritardato con PO e PC

- Scarsa elasticità della parte operativa.
- Conviene migliorare il modello in modo da poter eseguire i programmi scritti in linguaggio ad alto livello. Pertanto occorre:
  - differenziare il registro OUTR in tanti registri operativi R_0 .. R_{Q-1};
  - i registri operativi possono essere utilizzati anche per risultati iniziali o intermedi oltre che per le var. di uscita;
  - I registri operativi possono essere anche accessi in lettura.

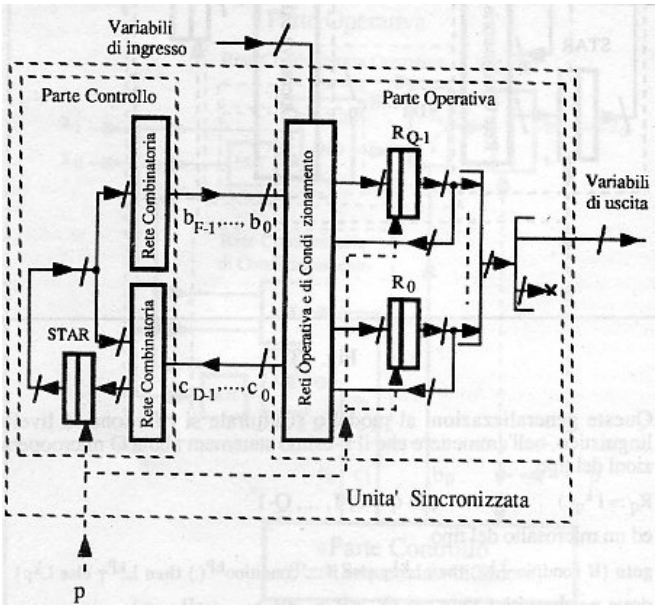
Pertanto ora il k-esimo statement ha:

- Q *microoperazioni* del tipo $Rq=f^k(.)$ con q = 0, .., Q-1
- un microsalto del tipo

  goto {**if** $condition^{k1}(.)$ **then** L^{k1}_T **else if** … $condition^{kP}(.)$ **then** L^{kP}_T **else** L^k_F}

  dove (.) sta per (X, <R_0>, .., <R_{Q-1}>).

Unità sincronizzata



- PC è RSS di Moore
- PO è RSS di Mealy con
  - var. effettiva di uscita seguite dai registri
  - var. di uscita in ingresso alla PC attraversano una rete combinatoria.
- Globalmente è una RSS di Moore

Es.: unità con 2 ingressi e 4 uscite che conta modulo 16 il numero delle sequenze 11, 01, 10

```
L0: <COUNT>:=<COUNT>; goto {if <x1 x0> eq 11 then L1
  else L0}
L1: <COUNT>:=<COUNT>; goto {if <x1 x0> eq 01 then L2
  else if <x1 x0> eq 11 then L1 else L0}
L2: <COUNT>:=if <x1 x0> eq 10 then increment{<COUNT>}
  else <COUNT>; goto {if <x1 x0> eq 11 then L1 else L0
```

- Variabili di condizionamento:

```
c1 = if <x1 x0> eq 11 then 1 else 0
c0 = if <x1 x0> eq 01 then 1 else 0
```

- Microperazioni:

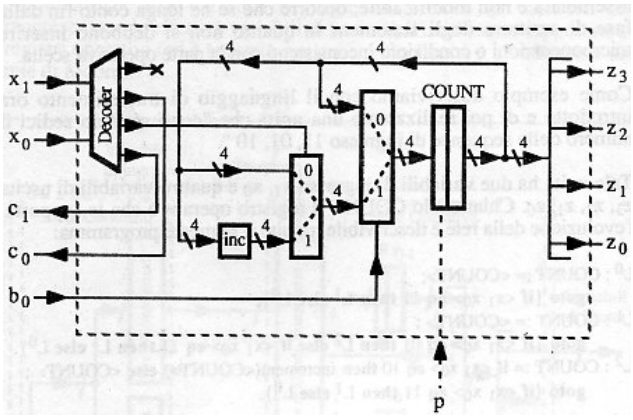
```
COUNT:=case <b0> of
            { 0 : <COUNT>
              1 : if <x1 x0> eq 10 then inc{<COUNT>}
                                   else <COUNT>}
```

Linguaggio di trasferimento

Formato dello statement:

`etichetta: microoper., …, microop.; microsalto`

Esempio: PO e PC



- PO:
  - La sottorete `inc` implementa la funzione <COUNT>
  - Ogni clock se var. b0 = 0 viene eseguita la prima microoperazione, se b0 = 1 la seconda.
- PC:

```
L0: <b0>=0; goto {if <c1> eq 1 then L1 else L0}
L1: <b0>=0; goto {if <c0> eq 1 then L2 else if <c1>
  eq 1 then L1 else L0}
L2: <b0>=1; goto {if <c1> eq 1 then L1 else L0}
```

Microsalti

- condizionato a 2 vie:
  goto {**if** condition(.) **then** L^u **else** L^h}
- incondizionato:
  goto L^u

Microoperazioni

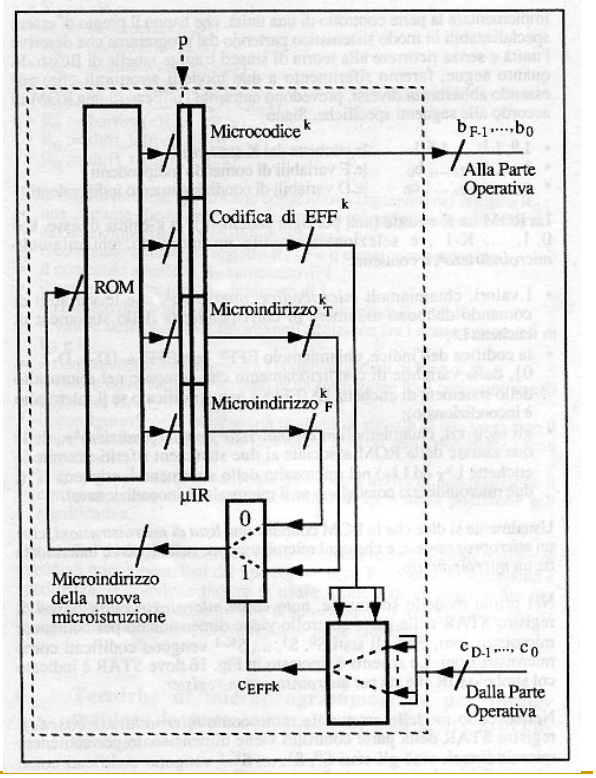
- Rq = costante
- Rq = input_data
- Rq = <Rv>
- Rq = increment(<Rv>)
- Rq = decrement(<Rv>)
- Rq = addition(<Rv>)
- Rq = carry(<Rv>)
- Rq = borrow(<Rv>)
- Rq = shift_left(<Rv>)
- Rq = shitt_right(<Rv>)

Tecniche di microprogrammazione per implementare la PC di unità sincronizzate

- Facciamo riferimento a 2 modelli strutturali che prevedono l'utilizzo di una ROM.
- La ROM ha K entrate (da 0 a K-1, una per ogni statement).
- Ogni entrata della ROM è selezionata tramite un microindirizzo^k e contiene:
  - i valori che le variabili di comando devono assumere in corrispondenza dello statement L^k – microcodice operativo;
  - la codifica dell'indice EFF^k della var. di condizionamento che appare nel microsalto di etichetta $L^{k;}$;
  - gli indirizzi: microindirizzo^T e microindirizzo^F.
- La ROM contiene una lista di microistruzioni, cioè un microprogramma e ogni microistruzione della ROM è individuata da un microindirizzo.

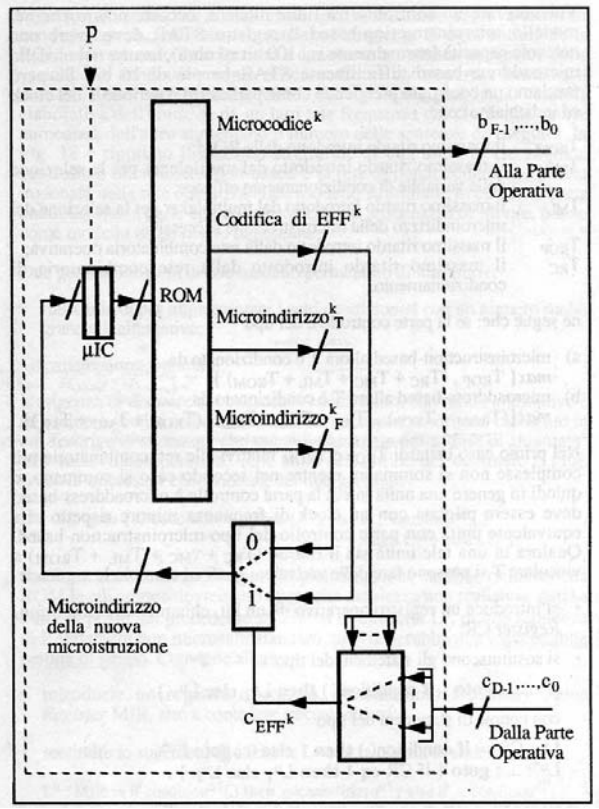
Modello *microistruction-based*

- Il registro STAR della parte controllo (**μIR**) contiene le **microistruzioni**, cioè gli stati S^0, S^1, … S^{K-1}, vengono codificati come microistruzioni.
- Il registro STAR deve essere molto grande (+ di 100 bit).



Modello *microaddress-based*

- Il registro STAR della parte controllo (μIC) contiene i **microindirizzi**, cioè gli stati S^0, S^1, … S^{K-1}, vengono codificati come microindirizzi.
- \+ Il registro STAR ha un formato ridotto (es. 16 bit)

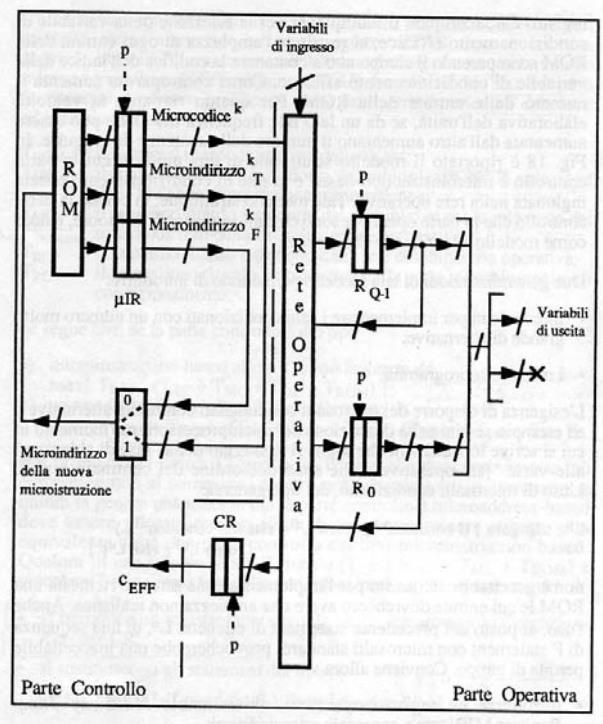


Modello ad un *livello di pipeline*

- Se inglobiamo la rete i condizionamento nella parte operativa, utilizzando un registro CR ad 1 bit che tiene conto del condizionamento:

→scompare il multiplexer per la selezione di EFF,

→aumenta la dimensione della ROM.



Microsalti con più alternative (1/2)

- Non possiamo fare statement generali con microsalti a più alternative: la dimensione della ROM aumenterebbe troppo.
- Non è accettabile dal punto di vista dei tempi avere tanti statement con microsalti standard a due vie:

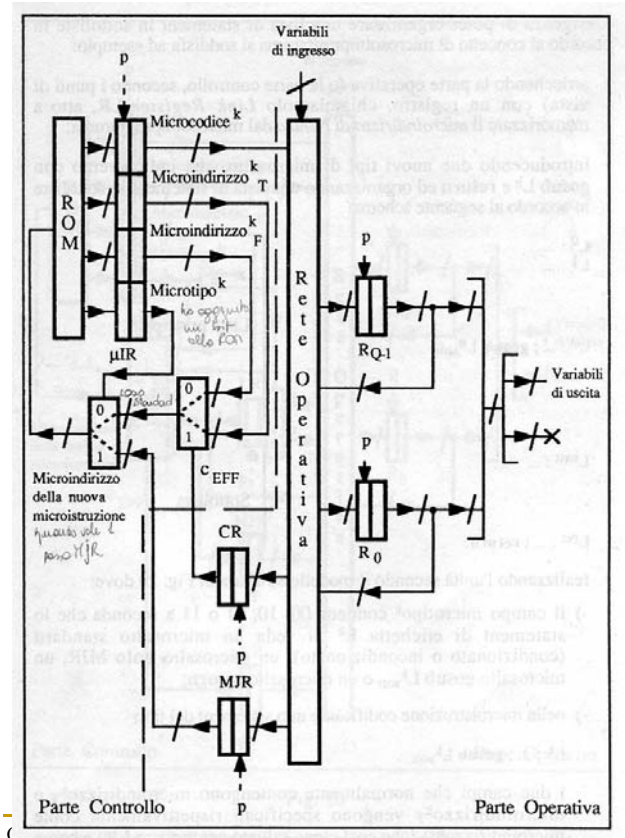
→ Introduciamo un registro operativo:
Multiway Jump Register (MJR) atto a contenere microindirizzi.

→ Scriviamo gli statement in questo modo:

```
Lu: MJR:=if conditionu1(.) then
  microindirizzou1T else if … conditionuP(.)
  then microindirizzouPT else
  microindirizzouPF}; goto Lu*
Lu*: … ; goto MJR.
```

→ Quindi realizziamo l'unità secondo il modello illustrato nella figura seguente: (→ slide successiva)

Microsalti con più alternative (2/2)



- Il microtipo^k contiene
  - 0, se lo statement di etichetta L^k prevede un microsalto standard (condizionato o incondizionato),
  - 1, se lo statement di etichetta L^k preve il microsalto **goto** MJR.

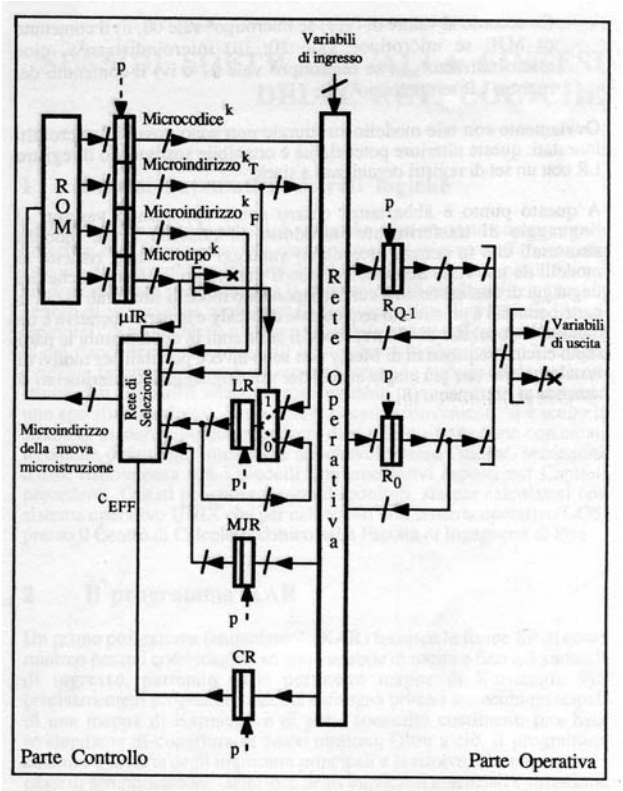
Microprogrammi

```
L0: …
L1: …
…
Lu: … ; gosub Lsott
…
Lsott: …
…
Lret: … ; return
```

Occorre:

- aggiungere alla parte operativa un registro chiamato *Link Register* (LR), atto a memorizzare il microindirizzo di riento dal microsottoprogramma.
- introdurre due nuovi tipi di microalto
  - `gosub` L^h
  - `return`.

Modello per i microprogrammi



- La rete di selezione sceglie come indirizzo della istruzione successiva:
  - microindirizzo^K_T o microindirizzo^K_F, oppure
  - il contenuto di MJR, se il microtipo vale 10, oppure
  - il microindirizzo$^K_{sott}$ se il microtipo vale 01, oppure
  - il contenuto del registro LR se il microtipo vale 11.

Considerazioni finali

- Esistono diversi modelli strutturali ognuno caratterizzato da un proprio linguaggio di trasferimento.
- Questi modelli costituiscono l'architettura dei moderni microprocessori, influenzandone le caratteristiche e le potenzialità offerte.
- L'evoluzione temporale di queste unità costituisce l'evoluzione sequenziale degli stati delle CPU.