

INTELLIGENZA ARTIFICIALE

ANNO ACCADEMICO
2008 - 2009

**La Rappresentazione della Conoscenza:
Il Linguaggio OPS5**

SOMMARIO

- Introduzione al linguaggio OPS5
- La working memory
- Le regole di produzione
- Recognize-Act Cycle
- Esempio di programma in OPS5

IL LINGUAGGIO OPS5

- ✻ **OPS5** è un linguaggio per sistemi di produzioni forward chaining, ossia un membro della famiglia di linguaggi basati sul modello dei **sistemi di produzioni**.
- ✻ Un programma in **OPS5** consiste in una **declaration section** che descrive gli oggetti trattati dal programma, seguita da una **production section** che contiene le regole di produzione.
- ✻ Durante l'esecuzione, i dati elaborati dal programma sono mantenuti nella **working memory** e le regole nella **production memory**.

WORKING MEMORY

- ✿ La **Working Memory** (WM) è un data base di fatti relativi al problema da risolvere.
- ✿ Tali informazioni sono memorizzate sotto forma di elementi di WM che possono essere raggruppati in classi. Ogni classe è individuata da un nome (Class Name).
- ✿ La WM è dinamica. Durante la esecuzione di un programma **OPS5**, gli elementi di WM possono essere aggiunti, cancellati o modificati continuamente.

WORKING MEMORY ELEMENT

- ✿ Un **Working Memory Element** (WME) è una sequenza di atomi (simboli, numeri interi o floating-point) che rappresenta ad es. un oggetto o un concetto.
- ✿ Ogni atomo è memorizzato in un campo che possiamo etichettare con un nome (Attribute Name).
- ✿ Possiamo specificare un WME usando una combinazione di:
 - ✿ Class Name
 - ✿ Lista di attributi scalari e loro valori
 - ✿ “Vector attribute” e suo valore

WORKING MEMORY ELEMENT

- ✿ “Class Name” specifica la classe di appartenenza del WME.
- ✿ Gli attributi e i loro valori descrivono le caratteristiche del WME.
- ✿ Il valore di ciascun attributo scalare è un atomo.
- ✿ Il valore di un “vector attribute” è costituito da uno o più atomi.

WORKING MEMORY ELEMENT

- ✿ Il format per specificare un WME è il seguente:

[class-name] [{scalar-attribute value} ...] [vector-attribute value]

- ✿ Consideriamo il seguente elemento:

(CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO ^DATE 2 JAN 1985)

- ✿ Questo statement rappresenta un WME della classe CHECK.

WORKING MEMORY ELEMENT

- ✿ Gli attributi `^NUMBER`, `^AMOUNT`, `^COUNTED`, e `^DATE` rappresentano quattro caratteristiche dell'elemento.
- ✿ I valori degli attributi scalari `^NUMBER`, `^AMOUNT` e `^COUNTED` sono gli atomi `102`, `10.06`, e `NO` rispettivamente.
- ✿ I valori del vector attribute `^DATE` è la lista degli atomi `2 JAN 1985`.

CLASS NAME

- ✿ Un “Class Name” è un simbolo che identifica un gruppo di elementi simili.
- ✿ Gli elementi che hanno lo stesso class name hanno gli stessi attributi, anche se i valori di tali attributi possono essere diversi.
- ✿ Ad esempio, i seguenti elementi hanno lo stesso class name
CHECK:

(CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO ^DATE 2 JAN 1985)

(CHECK ^NUMBER 103 ^AMOUNT 22.45 ^COUNTED NO ^DATE 14 JAN 1985)

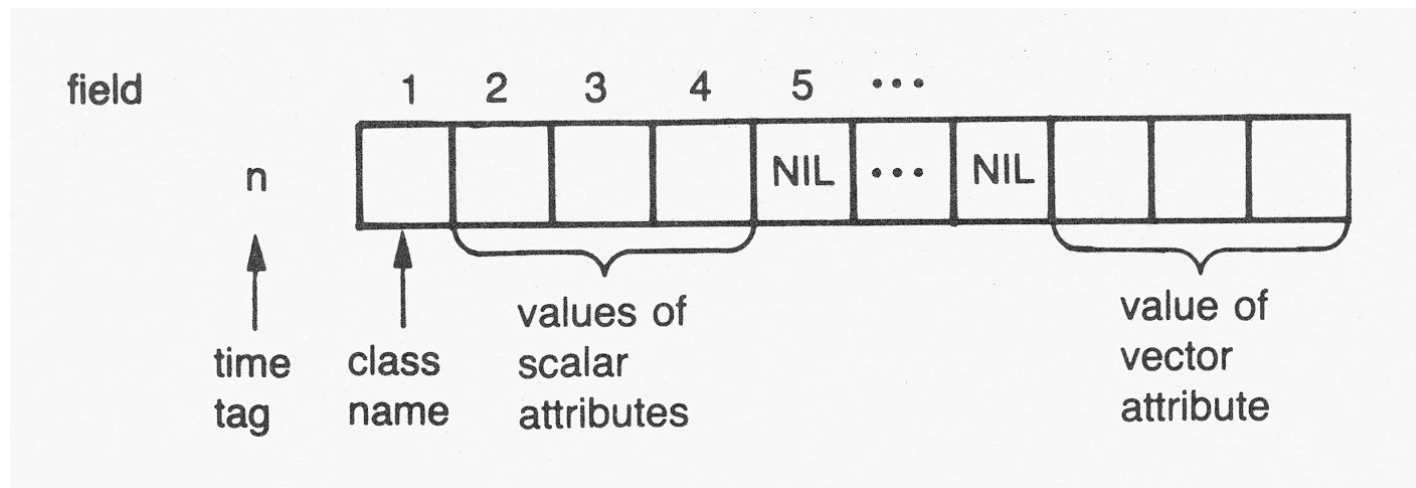
ATTRIBUTI

- ✿ Un attributo consiste in un operatore (^) e in un nome di attributo.
- ✿ L'operatore deve precedere il nome dell'attributo, ma è possibile inserire spazi, tabs, o altri caratteri “nonprinting” tra l'operatore e il nome.
- ✿ I nomi degli attributi descrivono le caratteristiche di un WME.
- ✿ E' possibile usare lo stesso nome di attributo in più di un WME anche se essi appartengono a classi diverse. Ad es.:
(CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO)
(TRANSACTION ^NUMBER 2560 ^TYPE DEPOSIT)

RAPPRESENTAZIONE INTERNA DEI WME

La rappresentazione interna di un elemento include un “**time tag**” e uno o più atomi che rappresentano la classe dell’elemento e i valori degli attributi.

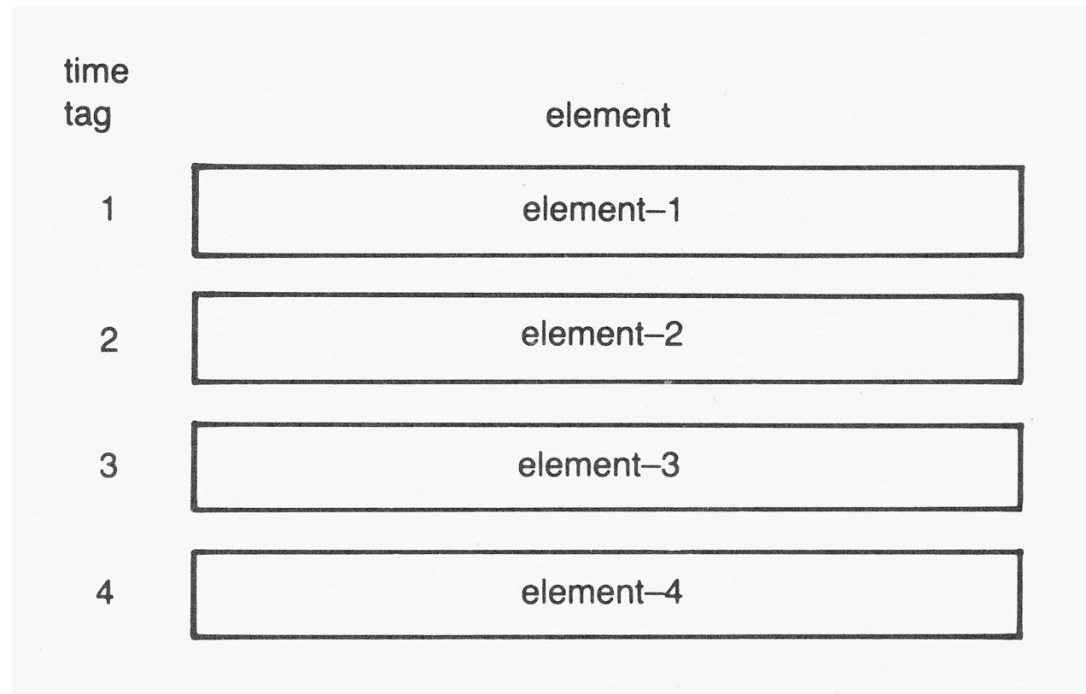
La figura che segue illustra come gli atomi sono memorizzati nei vari campi:



NIL è memorizzato nei campi ai quali non è ancora stato assegnato un valore.

TIME TAG

I time tag sono numeri interi consecutivi che il sistema usa per determinare quali siano gli elementi più recenti inseriti in Working Memory. Il sistema run-time assegna un unico time tag a ciascun elemento.



MEMORIZZAZIONE DEL CLASS NAME E DEI VALORI DEGLI ATTRIBUTI

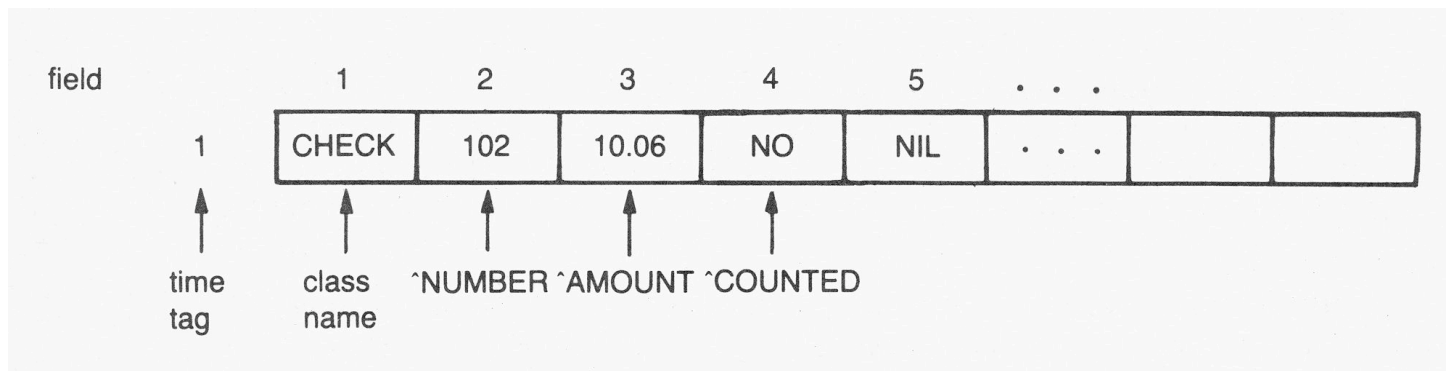
Il primo campo della struttura di un WME è riservato al class name dell'elemento.

Il compilatore assegna i campi ai nomi degli attributi quando essi sono dichiarati. Tali campi servono per memorizzare i valori.

Consideriamo il seguente WME:

(CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO)

La figura illustra la sua rappresentazione interna:



MEMORIZZAZIONE DEL CLASS NAME E DEI VALORI DEGLI ATTRIBUTI

- ✿ Il campo assegnato a ciascun nome di attributo è “globale”.
- ✿ Ciò significa che se un nome si riferisce ad un certo campo, tale nome si riferisce allo stesso campo per ogni element class in cui il nome appare.
- ✿ Ad esempio, se consideriamo i seguenti elementi:

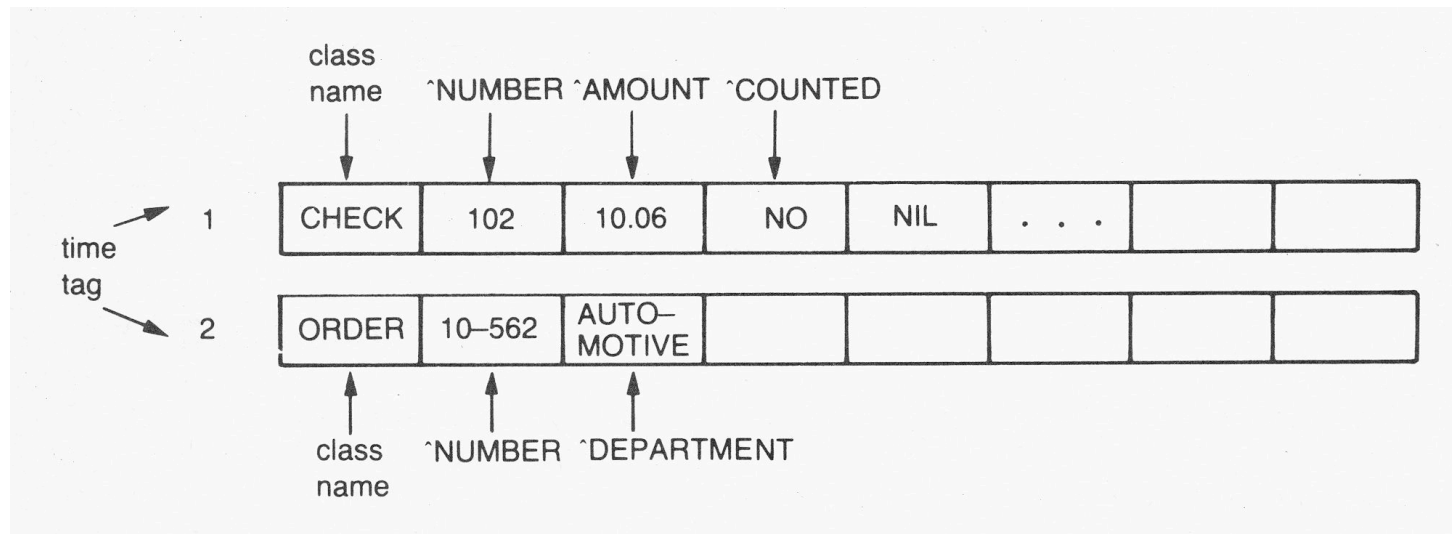
(CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO)

(ORDER ^DEPARTMENT AUTOMOTIVE ^NUMBER 10-562)

essi hanno differenti class name ma condividono l'attributo scalare ^NUMBER.

MEMORIZZAZIONE DEL CLASS NAME E DEI VALORI DEGLI ATTRIBUTI

- ✿ Supponiamo che nel primo elemento il campo riservato all'attributo **^NUMBER** sia il numero 2.
- ✿ Poiché tale nome si riferisce allo stesso campo per entrambi gli elementi, il valore dell'attributo **^NUMBER** è messo nel campo n. 2 di entrambi gli elementi:

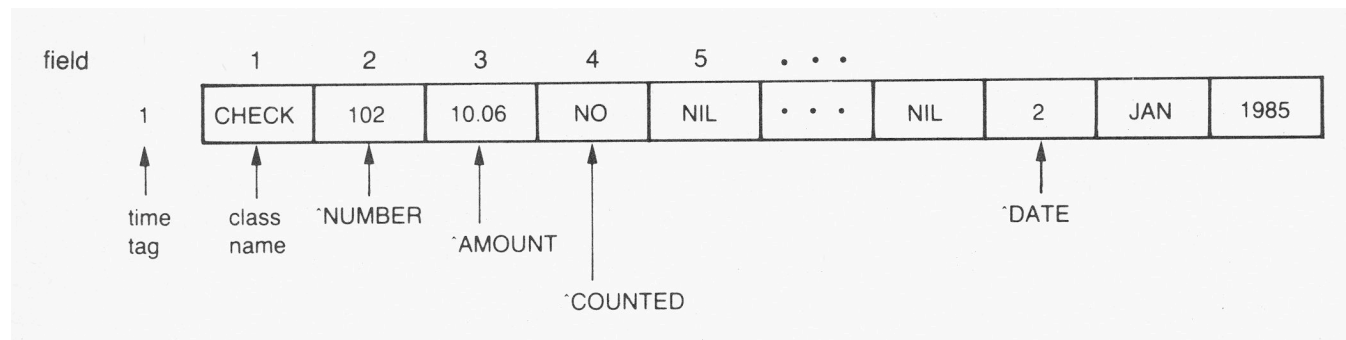


MEMORIZZAZIONE DEL CLASS NAME E DEI VALORI DEGLI ATTRIBUTI

- ✿ Il compilatore assegna la parte finale della struttura di un elemento per il vector attribute.
- ✿ Se consideriamo il seguente elemento:

(CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO ^DATE 2 JAN 1985)

la sua rappresentazione interna è la seguente:



LA DICHIARAZIONE LITERALIZE

- ✿ La dichiarazione **LITERALIZE** ha il seguente effetto:
 - ✿ associa una classe ad una lista di nomi di attributi;
 - ✿ comunica al compilatore di assegnare i campi agli specificati nomi di attributi.

LA DICHIARAZIONE LITERALIZE

Esempio:

```
(LITERALIZE CHECK  
    NUMBER  
    AMOUNT  
    COUNTED)
```

Questa dichiarazione associa il class name `CHECK` ai nomi di attributo `NUMBER`, `AMOUNT` e `COUNTED`.

LA DICHIARAZIONE LITERAL

- ✻ La dichiarazione **LITERAL** consente di assegnare in modo esplicito dei campi ai nomi di attributo. Ad esempio, questa dichiarazione:

```
(LITERAL  NUMBER = 2  
          AMOUNT = 4  
          COUNTED = 7)
```

consente di assegnare il campo n. 2 all'attributo **NUMBER**, il campo n. 4 a **AMOUNT** e il n. 7 a **COUNTED**.

LA DICHIARAZIONE VECTOR-ATTRIBUTE

- ✻ La dichiarazione **VECTOR-ATTRIBUTE** consente di assegnare un campo al nome di un vector attribute. Il sistema run-time memorizza gli atomi relativi al valore dell'attributo partendo dal campo assegnato. Esempio:

(VECTOR-ATTRIBUTE DATE)

- ✻ Dopo tale dichiarazione, è possibile specificare il nome di tale attributo in una dichiarazione **LITERALIZE**.

LE REGOLE DI PRODUZIONE

✻ Una regola di produzione consiste di:

✻ un nome

✻ una left-hand side (**LHS**)

✻ una right-hand side (**RHS**)

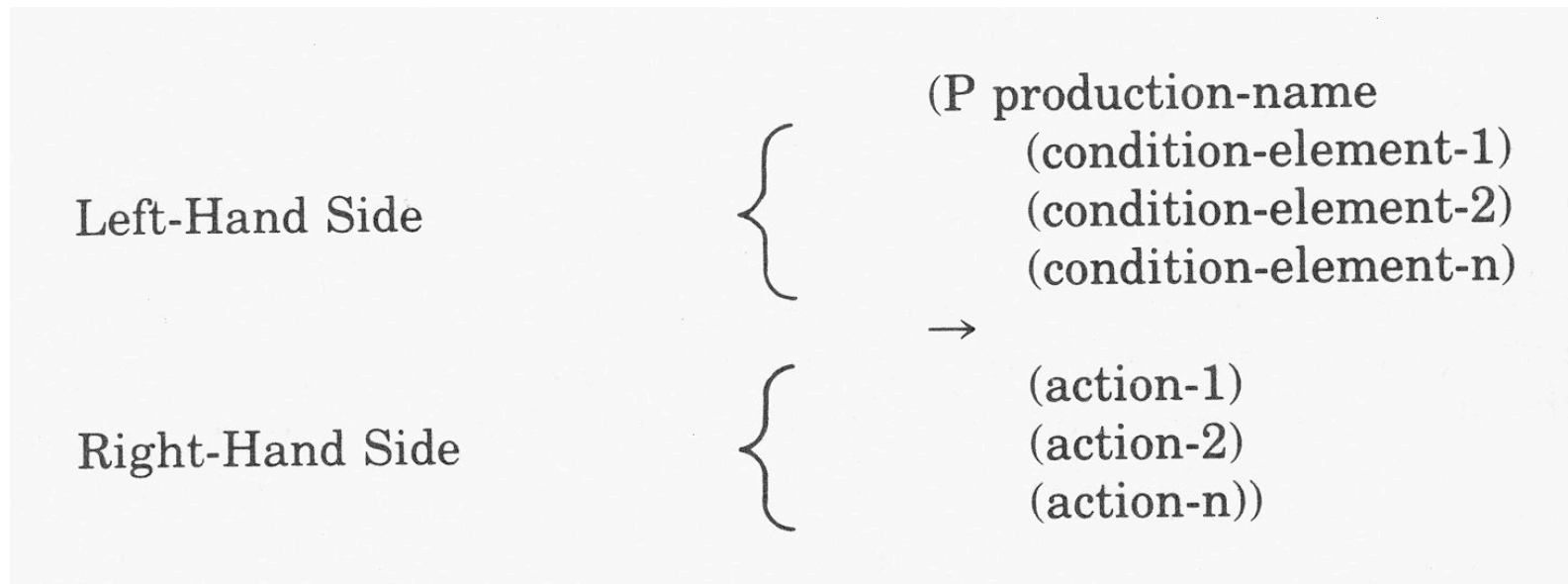
production-name: **LHS** → **RHS**

✻ La **LHS** contiene uno o più “condition element”,
ossia pattern da confrontare con gli elementi di WM.

✻ La **RHS** consiste in una o più azioni.

LE REGOLE DI PRODUZIONE

Una regola di produzione in **OPS5** assume una forma di questo tipo:



LE REGOLE DI PRODUZIONE

Esempio di regola:

(P COUNTED-CHECKS

{<REPLY>

(REPLY ^DATE {<DAY> <> STOP} <MONTH> <YEAR>)}
- (CHECK ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR> ^COUNTED NO)

{<COUNTER>

{<COUNTER>

(COUNT ^VALUE <VALUE>)}
→

(REMOVE <REPLY>)

(REMOVE <COUNTER>)

(MAKE START)

(WRITE (CRLF) (CRLF) | There are | <VALUE> | checks dated | <DAY>
<MONTH> <YEAR> (CRLF))

LHS: CONDITION ELEMENTS

- ✿ La **LHS** di una regola di produzione contiene una sequenza di condition elements.
- ✿ Il sistema run-time confronta gli atomi in un WME con i corrispondenti pattern in un condition element.
- ✿ I condition elements possono essere positivi o negativi.
- ✿ Una LHS deve contenere come minimo un condition element positivo, e il primo elemento deve essere positivo.

LHS: CONDITION ELEMENTS

- ✱ Ogni componente di un condition element (class name, attributi scalari, vector attribute) e il suo valore è considerato un **termine**. Ad es., il seguente condition element:

(CHECK ^NUMBER 102)

ha due termini, CHECK e l'attributo ^NUMBER che ha valore 102.

- ✱ L'interprete confronta ogni atomo in un WME con il valore del termine corrispondente nel condition element.

LHS: CONDITION ELEMENTS

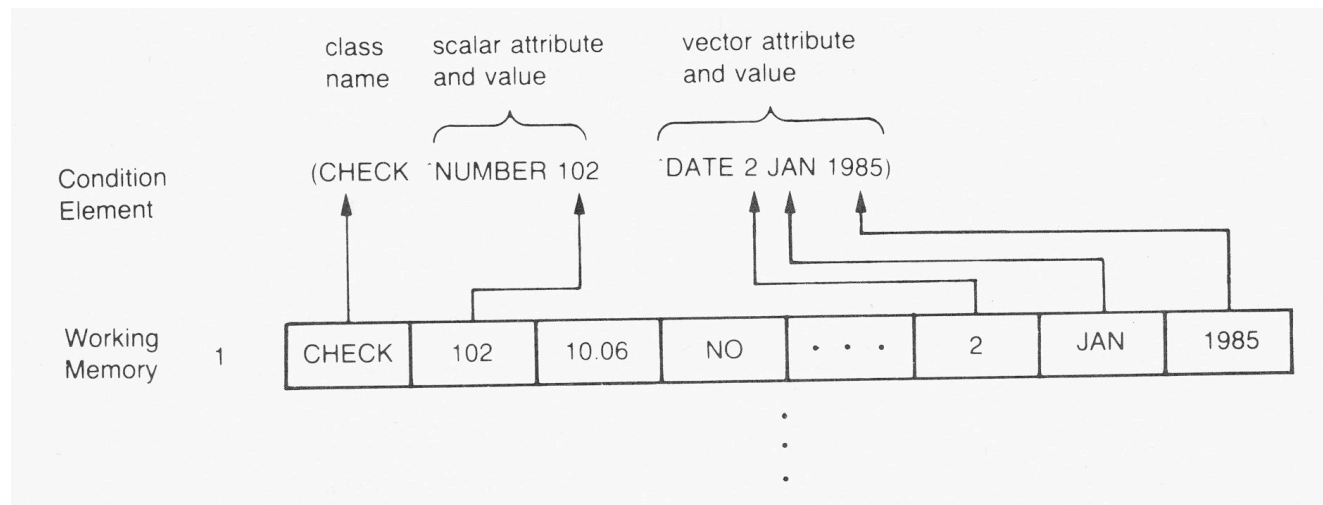
Supponiamo che la working memory contenga il seguente elemento:

(CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO ^DATE 2 JAN 1985)

Consideriamo ora il seguente condition element:

(CHECK ^NUMBER 102 ^DATE 2 JAN 1985)

Il sistema effettua il confronto come illustrato in figura:



LHS: VARIABILI

- ✿ Una **variabile** è un simbolo racchiuso tra parentesi angolari.
- ✿ Una variabile può legarsi ad un atomo di un WME.
- ✿ La prima volta che la variabile compare nella regola di produzione, essa si lega all'atomo nel WME che si unifica con il condition element in cui la variabile è presente.
- ✿ A questo punto, tutte le successive occorrenze della variabile all'interno della regola in questione rappresentano lo stesso atomo. Ad es., se in LHS si ha:

(REPLY ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR>)

- (CHECK ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR>)

e l'interprete trova un match per il primo condition element, le variabili <DAY> <MONTH> e <YEAR> sono legate agli stessi valori anche nel secondo condition element.

LHS: PREDICATI

- ✱ I **predicati** sono operatori che possono precedere valori (costanti o variabili) nei termini dei condition element.
- ✱ I predicati sono:
 - = equal
 - <> not equal
 - <=> same type
 - < less than
 - <= less than or equal
 - > greater than
 - >= greater than or equal

LHS: ELEMENT VARIABLES

- ✿ Un **element variable** è un simbolo racchiuso tra parentesi angolari che consente di riferirsi ad un WME che soddisfa un condition element.
- ✿ Per specificare un element variable, si racchiude tra parentesi graffe tale variabile e il condition element positivo:

```
{<COUNTER>  
 (COUNT ^VALUE <VALUE>)}
```

- ✿ La variabile <COUNTER> è legata al WME che si unifica con il condition element: (COUNT ^VALUE <VALUE>).

LHS: CONGIUNZIONI E DISGIUNZIONI

- ✿ Una **congiunzione (conjunction)**, delimitata da parentesi graffe, specifica condizioni multiple che devono essere tutte soddisfatte (è un AND logico). Ad es.:

```
(PERSON ^NAME <CHILD> ^AGE {> 0 < 5})
```

```
(CHECK ^NUMBER {> 102 < 105 <NUMBER>})
```

- ✿ Una **disgiunzione (disjunction)**, delimitata da doppie parentesi angolari, specifica un insieme di valori uno dei quali deve corrispondere all'elemento di WM (è un XOR logico). Ad es.:

```
(CITY ^NAME <NEWENGLAND> ^STATE << CT MA ME NH RI VT >>)
```

```
(CHECK ^NUMBER << 103 105 108 >>)
```

RHS: AZIONI

- ✿ La **RHS** di una regola di produzione consiste in una o più **azioni**.
- ✿ Le azioni possono svolgere le seguenti operazioni:
 - Modificare la Working Memory
 - Salvare e fare il restore della WM e del Conflict Set
 - Fermare l'esecuzione del programma
 - Legare variabili
 - Manipolare files
 - Scrivere su dispositivi di output
 - Controllare loops
 - Aggiungere nuove regole durante l'esecuzione di un pgm
 - Chiamare routine esterne

RHS: AZIONI

- ✿ Una **azione** può essere specificata in questo modo:

(action-name argument-1 argument-2

- ✿ Consideriamo questo esempio:

```
(MAKE CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO  
^DATE 2 JAN 1985)
```

il nome dell'azione è **MAKE**, e ciò che segue sono i valori degli argomenti dell'azione. Tale azione inserisce in WM un WME della classe **CHECK** con i valori degli attributi specificati nell'istruzione.

RHS: AZIONI

✿ Lista (parziale) di **azioni** disponibili in **OPS5**:

- Make
- Modify
- Remove
- Write
- Halt
- Bind
- Cbind
- Openfile
- Closefile
- Call
- Accept e Acceptline
- Substr

ESEMPIO

(P FIND-CHECKS

{<REPLY>

(REPLY ^DATE {<DAY> <> STOP} <MONTH> <YEAR>) }

{<CHECK>

(CHECK ^NUMBER <NUMBER> ^AMOUNT<AMOUNT>

^COUNTED NO ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR>) }

{<COUNTER>

(COUNT ^VALUE <VALUE>) }



(WRITE (CRLF) (CRLF) | Found check number | <NUMBER>

| for \$ | <AMOUNT>

| dated | (SUBSTR <REPLY> DATE INF))

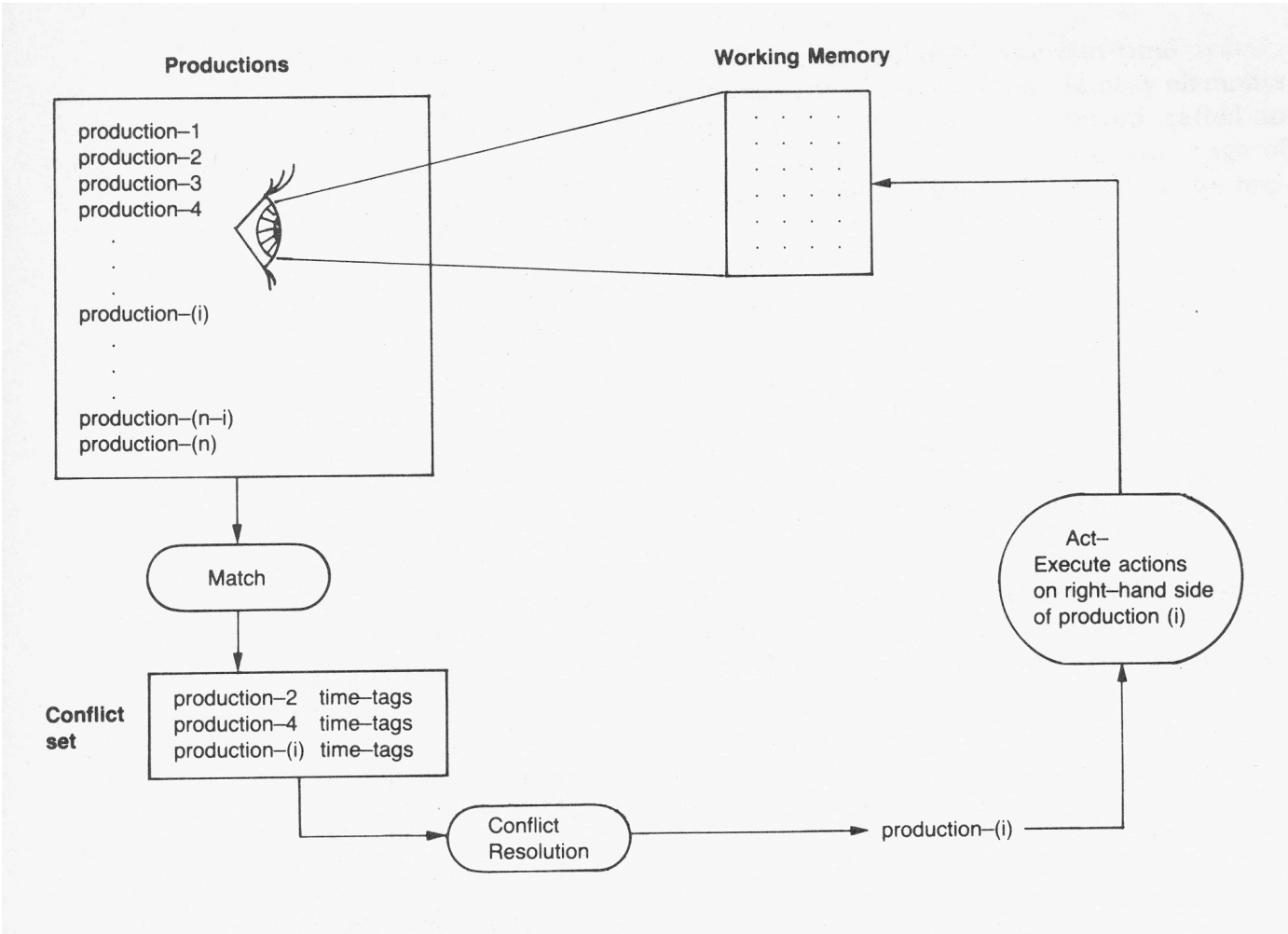
(MODIFY <CHECK> ^COUNTED YES)

(MODIFY <COUNTER> ^VALUE (COMPUTE 1 + <VALUE>)))

RECOGNIZE-ACT CYCLE

- ✿ In **OPS5** il sistema run-time usa il “**recognize-act cycle**”, illustrato nella figura che segue, per eseguire i programmi.
- ✿ Il ciclo consiste nei passi seguenti:
 1. **MATCH**
 2. **CONFLICT RESOLUTION**
 3. **ACT**
 4. **Go to step 1**

RECOGNIZE-ACT CYCLE



FASE DI MATCH

- ✻ Durante la fase di **match**, il sistema run-time confronta gli elementi in WM con ciascun condition element presente nella LHS di ciascuna regola di produzione.
- ✻ Una LHS di una produzione è soddisfatta quando ci sono WME che soddisfano condition element positivi e non ci sono WME che soddisfano condition element negativi.

FASE DI MATCH: ESEMPIO

(P COUNTED-CHECKS

{<REPLY>

(REPLY ^DATE {<DAY> <> STOP} <MONTH> <YEAR>)}
- (CHECK ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR> ^COUNTED NO)

{<COUNTER>

{<COUNTER>

(COUNT ^VALUE <VALUE>)}
→

(REMOVE <REPLY>)

(REMOVE <COUNTER>)

(MAKE START)

(WRITE (CRLF) (CRLF) | There are | <VALUE> | checks dated |
<DAY> <MONTH> <YEAR> (CRLF))

FASE DI MATCH

- ✿ Se ci sono LHS di regole che sono soddisfatte da WME, il sistema crea un **conflict set**.
- ✿ Il conflict set contiene le **istanze di regole (instantiation)** che sono soddisfatte.
- ✿ Per istanza di regola si intende una regola di produzione associata alla lista dei WME che soddisfano la sua LHS.
- ✿ Un esempio di instantiation è: **FIND-CHECKS 12 3 11**
FIND-CHECKS è il nome della regola. Gli interi **12**, **3** e **11** sono i **time tag** dei 3 WME che soddisfano i 3 condition element presenti nella LHS della regola.

FASE DI MATCH

- ✱ Spesso accade che più di un insieme di WME soddisfino la LHS di una stessa regola di produzione.
- ✱ In tal caso il conflict set contiene più di una instantiation della stessa regola.
- ✱ Ad esempio, il conflict set potrebbe contenere:

FIND-CHECKS 12 3 11

FIND-CHECKS 12 4 11

FIND-CHECKS 12 5 11

FIND-CHECKS 12 6 11

FIND-CHECKS 12 2 11

FASE DI CONFLICT RESOLUTION

- ✱ In questa fase il sistema usa una **strategia di risoluzione dei conflitti** per selezionare l'istanza di regola migliore da applicare. Se il conflict set è vuoto, il programma si ferma.
- ✱ Le strategie disponibili sono basate sulle seguenti regole:
 - ✱ **REFRACTION**
 - ✱ **RECENCY**
 - ✱ **SPECIFICITY**

REFRACTION

- ✿ La regola di **refraction** impone di selezionare ed eseguire una **istanza di regola** solo una volta.
- ✿ Tale regola previene la possibilità di entrare in un loop infinito sugli stessi dati.
- ✿ Due **istanze di regole** sono uguali se:
 - ✿ contengono lo stesso nome della produzione
 - ✿ contengono gli stessi time tag

RECENCY

✿ La regola di **recency** comporta che l'ordine in base al quale il sistema seleziona le istanze di regole privilegia le istanze i cui WME sono stati inseriti più di recente in WM, ossia quelli con i time tag maggiori.

✿ Ad esempio, se il conflict set contiene le seguenti istanze:

FIND-CHECKS 12 3 11

FIND-CHECKS 12 4 11

il sistema confronta i time tag maggiori. Essendo uguali (12 per entrambe le istanze), passa a confrontare i successivi. Poiché anche questi sono uguali (11 per entrambe), confronta i rimanenti. In questo caso è scelta la seconda istanza poiché il suo ultimo time tag (4) è maggiore dell'altro (3).

SPECIFICITY

- ✿ In base a questa regola, l'istanza è scelta in base alla sua specificità, che in genere viene determinata in base al numero dei test condizionali (**conditional test**) della LHS della regola relativa. Maggiore è il numero di test più specifica è la regola.
- ✿ Un conditional test è relativo a:
 - ✿ un class name
 - ✿ una disgiunzione
 - ✿ un valore costante preceduto da un predicato (con esclusione del caso della disgiunzione)
 - ✿ una occorrenza di una variabile (con esclusione della prima)

SPECIFICITY: ESEMPIO

La LHS della regola che segue ha 8 conditional test:

(P COUNTED-CHECKS

{<REPLY>

(REPLY ^DATE {<DAY> <> STOP} <MONTH> <YEAR>)}
→

- (CHECK ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR> ^COUNTED NO)

{<COUNTER>

(COUNT ^VALUE <VALUE>)}
→

(REMOVE <REPLY>)

(REMOVE <COUNTER>)

(MAKE START)

(WRITE (CRLF) (CRLF) | There are | <VALUE> | checks dated | <DAY>
<MONTH> <YEAR> (CRLF))

SPECIFICITY: ESEMPIO

- ✿ Il primo condition element contiene due test, relativi a: **REPLY** e **<> STOP**.
- ✿ Le variabili **<DAY>**, **<MONTH>** e **<YEAR>** non sono test, poiché esse appaiono per la prima volta nella regola e, come sappiamo, vengono legate a degli atomi di un certo WME.
- ✿ Il secondo condition element contiene 5 test: **CHECK**, **<DAY>**, **<MONTH>**, **<YEAR>** e **NO**. In questo caso le variabili sono contate come test perché sono già state legate a degli atomi.
- ✿ Il terzo condition element contiene un test: **COUNT**. La variabile **<VALUE>** non è contata come test poiché, aparendo per la prima volta, è legata ad un atomo.

STRATEGIE DI RISOLUZIONE DEI CONFLITTI

- ✱ L'interprete **OPS5** supporta due **strategie di risoluzione dei conflitti**:
 - ✱ **Lexicographic-Sort (LEX)**
 - ✱ **Means-Ends-Analysis (MEA)**

STRATEGIE DI RISOLUZIONE DEI CONFLITTI

- ✿ Entrambe le strategie applicano le regole nel seguente ordine: **REFRACTION, RECENCY, SPECIFICITY**.
- ✿ Tuttavia, la strategia **MEA** include un extra step dopo la **REFRACTION**, che aiuta ad organizzare programmi di grandi dimensioni.
- ✿ La strategia di default è la **LEX**. E' possibile cambiare strategia mediante il comando **STRATEGY**. Ad es:

(STRATEGY MEA)

STRATEGIA LEX

La strategia **LEX** usa le seguenti regole in sequenza per ordinare le istanze nel conflict set:

1. Si applica il criterio di **REFRACTION** rimuovendo dal conflict set le istanze che l'interprete ha selezionato nel ciclo precedente.
2. Si ordinano le istanze che rimangono in base alla loro **RECENCY**, e si seleziona quella che ha il valore più alto della **RECENCY**.
3. Se più di una istanza ha lo stesso valore più alto della **RECENCY**, si ordinano tali istanze in base alla **SPECIFICITY**, e si seleziona quella con il valore più alto.
4. Se più di una istanza ha lo stesso valore più alto della **SPECIFICITY**, si sceglie arbitrariamente l'istanza da applicare.

STRATEGIA LEX: ESEMPIO

- ✿ Supponiamo che la regola **FIND-CHECKS** contenga 10 conditional test, che la regola **COUNTED-CHECKS** ne contenga 8 e che il conflict set contenga le seguenti istanze di regole:

FIND-CHECKS 3 6 20

COUNTED-CHECKS 20 3 6

Dopo aver applicato il criterio di **REFRACTION**, la strategia valuta le istanze in base alla **RECENCY**.

- ✿ Poiché entrambe le istanze contengono gli stessi time tag (anche se in ordine diverso) le istanze hanno la stessa **RECENCY**.
- ✿ La istanza che contiene **FIND-CHECKS** è però più specifica (10 test contro 8) e viene quindi scelta.

STRATEGIA MEA

- ✿ La strategia **MEA** dà la massima priorità alle regole che hanno il primo condition element che si unifica con il WME più recente.
- ✿ Tale strategia si usa quindi se mettiamo in prima posizione nella LHS il più importante condition element.
- ✿ Questo extra step valuta la **RECENCY** dei time tag per i WME che soddisfano tali condition elements.
- ✿ Pertanto, è conveniente utilizzare tal strategia per problemi che possiamo dividere in vari task.

STRATEGIA MEA

La strategia **MEA** usa le seguenti regole in sequenza per ordinare le istanze nel conflict set:

1. Si applica il criterio di **REFRACTION** rimuovendo dal conflict set le istanze che l'interprete ha selezionato nel ciclo precedente.
2. Confronta il primo time tag di ogni istanza e seleziona quella con il time tag più alto.
3. Si ordinano le istanze che rimangono in base alla loro **RECENCY** (usando tutti i time tag) e si seleziona quella che ha il valore più alto della **RECENCY**.
4. Se più di una istanza ha lo stesso valore più alto della **RECENCY**, si ordinano tali istanze in base alla **SPECIFICITY**, e si seleziona quella con il valore più alto.
5. Se più di una istanza ha lo stesso valore più alto della **SPECIFICITY**, si sceglie arbitrariamente l'istanza da applicare.

STRATEGIA MEA: ESEMPIO

- ✿ Riprendiamo l'esempio precedente, in cui si è supposto che il conflict set contenga le seguenti istanze di regole:

FIND-CHECKS 3 6 20

COUNTED-CHECKS 20 3 6

Dopo aver applicato il criterio di **REFRACTION**, la strategia valuta le istanze in base alla **RECENCY** del primo time tag in ciascuna istanza.

- ✿ Poiché il primo time tag della prima istanza è 3 e quello della seconda istanza è 20, l'istanza relativa alla regola **COUNTED-CHECKS** ha il valore più alto, e viene quindi scelta.

ESEMPIO DI PROGRAMMA OPS5

```
(VECTOR-ATTRIBUTE DATE)
(LITERALIZE CHECK
      NUMBER AMOUNT COUNTED DATE)
(LITERALIZE COUNT
      VALUE)
(LITERALIZE REPLY
      DATE)
(STARTUP
  (MAKE CHECK ^NUMBER 102 ^AMOUNT 10.06 ^COUNTED NO ^DATE 2 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 103 ^AMOUNT 22.45 ^COUNTED NO ^DATE 14 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 104 ^AMOUNT 56.00 ^COUNTED NO ^DATE 14 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 105 ^AMOUNT 27.25 ^COUNTED NO ^DATE 14 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 106 ^AMOUNT 250.00 ^COUNTED NO ^DATE 14 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 107 ^AMOUNT 16.15 ^COUNTED NO ^DATE 14 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 108 ^AMOUNT 13.10 ^COUNTED NO ^DATE 25 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 101 ^AMOUNT 40.30 ^COUNTED NO ^DATE 2 JAN 1985 )
  (MAKE CHECK ^NUMBER 109 ^AMOUNT 45.80 ^COUNTED NO ^DATE 30 JAN 1985 )
  (MAKE START)
  (STRATEGY MEA))
```

ESEMPIO DI PROGRAMMA OPS5

(P WHAT-DATE

```
{<START>  
(START) }
```



```
(REMOVE <START>)  
(WRITE (CRLF) (CRLF) |What date do you want to search for?|)  
(WRITE (CRLF) (CRLF) |Enter the day, the first three |  
                        | letters of the month, and the year. |  
                        (CRLF)  
                        |For example - 4 JAN 1985 |  
                        (CRLF) (CRLF)  
                        |Type STOP to halt the program. |  
                        (CRLF) (CRLF)  
                        |Date >>>:|  
(MAKE COUNT ^VALUE 0)  
(MAKE REPLY ^DATE (ACCEPTLINE)))
```

ESEMPIO DI PROGRAMMA OPS5

(P FIND-CHECKS

```
{<REPLY>  
(REPLY ^DATE {<DAY> <> STOP} <MONTH> <YEAR> ) }  
{<CHECK>  
(CHECK ^NUMBER <NUMBER> ^AMOUNT<AMOUNT>  
      ^COUNTED NO ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR> ) }  
{<COUNTER>  
(COUNT ^VALUE <VALUE> ) }
```



```
(WRITE (CRLF) (CRLF) | Found check number | <NUMBER>  
      | for $ | <AMOUNT>  
      | dated | (SUBSTR <REPLY> DATE INF))  
(MODIFY <CHECK> ^COUNTED YES)  
(MODIFY <COUNTER> ^VALUE (COMPUTE 1 + <VALUE> ))))
```


ESEMPIO DI PROGRAMMA OPS5

(P COUNTED-CHECKS

{<REPLY>

(REPLY ^DATE {<DAY> <> STOP} <MONTH> <YEAR>))

- (CHECK ^DATE <DAY> <MONTH> <YEAR> ^COUNTED NO)

{<COUNTER>

(COUNT ^VALUE <VALUE>))



(REMOVE <REPLY>)

(REMOVE <COUNTER>)

(MAKE START)

(WRITE (CRLF) (CRLF) | There are | <VALUE> | checks dated | <DAY> <MONTH>
<YEAR> (CRLF))

ESEMPIO DI PROGRAMMA OPS5

```
(P STOP-COUNT  
  {<REPLY>  
  (REPLY ^DATE STOP)}  
→  
  (REMOVE <REPLY>)  
  (HALT))
```