Corso di Laurea Ingegneria Informatica

Fondamenti di Informatica 1

Dispensa 1

Problemi, Algoritmi e Programmi

Alfonso Miola

Settembre 2007

Contenuti

- Cosa è un problema
- Esempio di problema: il MCD
- Cosa è un algoritmo
- Problemi decidibili e non
- Cosa è un programma
- Cosa è una variabile
- Algoritmi ed esecutori
- Correttezza ed efficienza
- Programmazione strutturata

Prerequisiti

Questo capitolo presuppone la conoscenza dei seguenti argomenti:

- **Architettura del calcolatore**
- **Macchina di von Neumann**
- **Hardware e software**
- **Il sistema operativo**
- **Insiemi, relazioni e funzioni**

Questi argomenti sono stati trattati nel corso di Laboratorio di Informatica e nel corso di Matematica Discreta

Alcune riflessioni . . .

Da un racconto di Stanislaw Lem

"L'hotel straordinario"

Il racconto si articola sul celebre Paradosso del Grand Hotel inventato dal matematico David Hilbert per mostrare alcune caratteristiche del concetto di infinito, e le differenze fra operazioni con insiemi finiti ed infiniti.

. . . Alcune riflessioni . . .

- Hilbert immagina un hotel con infinite stanze, tutte occupate, ed afferma che qualsiasi sia il numero di altri ospiti che sopraggiungano, sarà sempre possibile ospitarli tutti, anche se il loro numero è infinito
- Nel caso semplice, arriva un singolo nuovo ospite. Il furbo albergatore sposterà tutti i clienti nella camera successiva (l'ospite della 1 alla 2, quello della 2 alla 3, etc.); in questo modo, benché l'albergo fosse pieno è comunque, essendo infinito, possibile sistemare il nuovo ospite

$$\infty + 1 = \infty$$

. . . Alcune riflessioni . . .

- **Un caso meno intuitivo si ha quando arrivano infiniti nuovi ospiti. Sarebbe possibile procedere nel modo visto in precedenza, ma solo scomodando infinite volte gli ospiti (già spazientiti dal precedente spostamento): sostiene allora Hilbert che la soluzione sta semplicemente nello spostare ogni ospite nella stanza con numero doppio rispetto a quello attuale (dalla 1 alla 2, dalla 2 alla 4,etc.), lasciando ai nuovi ospiti tutte le camere con i numeri dispari, che sono essi stessi infiniti, risolvendo dunque il problema. Gli ospiti sono tutti dunque sistemati, benché l'albergo fosse pieno**

$$\infty + \infty = \infty$$

E SE ARRIVANO INFINITI GRUPPI DI INFINITI OSPITI ?

. . . Alcune riflessioni . . .

Da un racconto di Umberto Eco:

"Intervista a Pitagora"

- **I numeri, l'aritmetica, la matematica, la fisica, le scienze, l'anima, lo spirito e la vita**
- **Il numero, sostanza di tutte le cose**

. . . Alcune riflessioni . . .

- **ECO : Buongiorno Maestro.**
- **PITAGORA : Salute e armonia a te.**
- **ECO : Pitagora ... Mi dà una certa emozione pronunciare questo nome, che fu sacro a molti, poiché Lei, Maestro, fu tenuto dai suoi discepoli in conto di divinità ...**
- **PITAGORA : Non a torto.**

. . . Alcune riflessioni . . .

- **ECO : Mi chiedo se per molti che ci ascoltano il suo nome non evochi soltanto memorie ingrate: la tavola pitagorica, il teorema di Pitagora ...**
- **PITAGORA : Perché ingrate ? Si tratta di due piccole applicazioni; e mi turba quanto tu dici, che per molti la mia fama si sia identificata con questi artifici secondari. Ma anche in essi risplende l'armonia sublime del numero. Pensa alla tavola: una matrice elementare da cui puoi generare tutti gli sposalizi possibili tra numero e numero, dati una volta per tutte, senza tema di errore, perché la regola di questo quadrato magico è la stessa che regola l'armonia dell'universo, dal cerchio più ampio delle sfere celesti agli abissi dell'infinitamente piccolo.**
- **PITAGORA : Il numero, sostanza di tutte le cose.**

Introduzione

- Vengono introdotti alcuni concetti base dell'Informatica: Problema, Algoritmo, Programma, Processo (di elaborazione)
- In modo sintetico, attraverso semplici esempi, sono presentati alcuni aspetti concettuali e fondamentali dell'Informatica; essi verranno ripresi in maniera più estesa in seguito
- In particolare si considerano aspetti di correttezza e di efficienza della soluzione automatica di problemi, anche attraverso l'uso di metodi di programmazione strutturata

Problema

- **Problemi di interesse sono quelli per cui è possibile una precisa formalizzazione, in un qualche formalismo espressivo, ad esempio quello offerto dalla matematica**
- **Esistono problemi che sono tanto ben esprimibili e comprensibili da poterne definire una strategia di soluzione basata sull'applicazione sistematica di ben precise regole operative che consente di ottenere i risultati attesi a partire dai dati disponibili**
- **In molti di questi casi è possibile affidare l'applicazione delle regole di soluzione ad un esecutore specializzato in grado di svolgere (più o meno) rapidamente i compiti affidatigli**

Un esempio . . .

“Determinare il Massimo Comun Divisore di due numeri interi positivi”

Enunciato informale del problema in linguaggio naturale

. . . Un esempio

Determinare Z = MCD (X , Y)

dove X , Y, Z $\in$ N^+ , X $\geq$ Y

Formalizzazione del problema in linguaggio naturale e matematico, in cui compaiono i simboli X , Y, e Z da interpretare come oggetti appartenenti al dominio N^+ dei numeri interi positivi, cioè dei naturali escluso 0, e il simbolo MCD da interpretare come la funzione matematica Massimo Comun Divisore

Massimo Comun Divisore . . .

$$MCD(X, Y) = \max(D_X \cap D_Y)$$

$$D_X = \{ d \in \mathbb{N}^+ \mid \exists\ q \in \mathbb{N}^+, x = d \cdot q \}$$
$$D_Y = \{ d \in \mathbb{N}^+ \mid \exists\ q \in \mathbb{N}^+, y = d \cdot q \}$$

Definizione matematica del MCD

. . . Massimo Comun Divisore . . .

Soluzione 1

Applico la definizione matematica:

- calcolo i due insiemi D_X e D_Y dei divisori di X e di Y, rispettivamente
- costruisco l'insieme intersezione di D_X e D_Y
- determino il valore massimo dell'insieme intersezione

. . . Massimo Comun Divisore . . .

Soluzione 2

- Individuo il valore m minimo tra X e Y
- Verifico se m divide sia X sia Y; se sì allora m è il MCD(X ,Y), e ho finito
- Decremento m di 1 e ripeto il passo precedente, al più fino al valore m = 1

. . . Massimo Comun Divisore . . .

Soluzione 3

Cerco altre proprietà del MCD . . .

Siano $X, Y, Q \in \mathbb{N}^+$ e $R \in \mathbb{N}$.

Se $X = Q \cdot Y + R$ allora

$$D_X \cap D_Y = D_Y \cap D_R$$

Teorema (Proprietà) del MCD

. . . Massimo Comun Divisore . . .

Sulla base di questa proprietà, in questo caso, come anche nei precedenti, si può definire una sequenza di regole da utilizzare per risolvere, in modo molto efficiente, il problema posto:

- **R = MOD(X , Y)**

  (MOD calcola il resto della divisione di x e y)

- **se R = 0 allora Y è il MCD(X , Y), altrimenti il problema si riconduce al più semplice problema che è quello di ottenere MCD(Y , R)**

. . . Massimo Comun Divisore

- Ciascuna delle sequenze di regole proposte è detta **Algoritmo** e rappresenta un metodo risolutivo del problema posto.
- Nell'ultimo caso l'algoritmo è noto come **Algoritmo di Euclide (AE)**

Ad esempio il calcolo di **MCD (187,34) = 17** procede così:

$187 = 5 \cdot 34 + 17$ (17 = MOD (187,34))

$34 = 2 \cdot 17 + 0$ (0 = MOD (34,17))

Commento

- Il problema posto richiede di determinare il Massimo Comun Divisore di due numeri interi positivi
- Sono state individuate alcune sequenze di regole (nel caso 3) che risolvono il problema
- Il problema ammette quindi almeno 3 algoritmi che lo risolvono in modi diversi
- Tra questi algoritmi scegliamo quello più efficiente, in termini di numero di operazioni di divisione: l'**Algoritmo di Euclide**

Rappresentazione e interpretazione

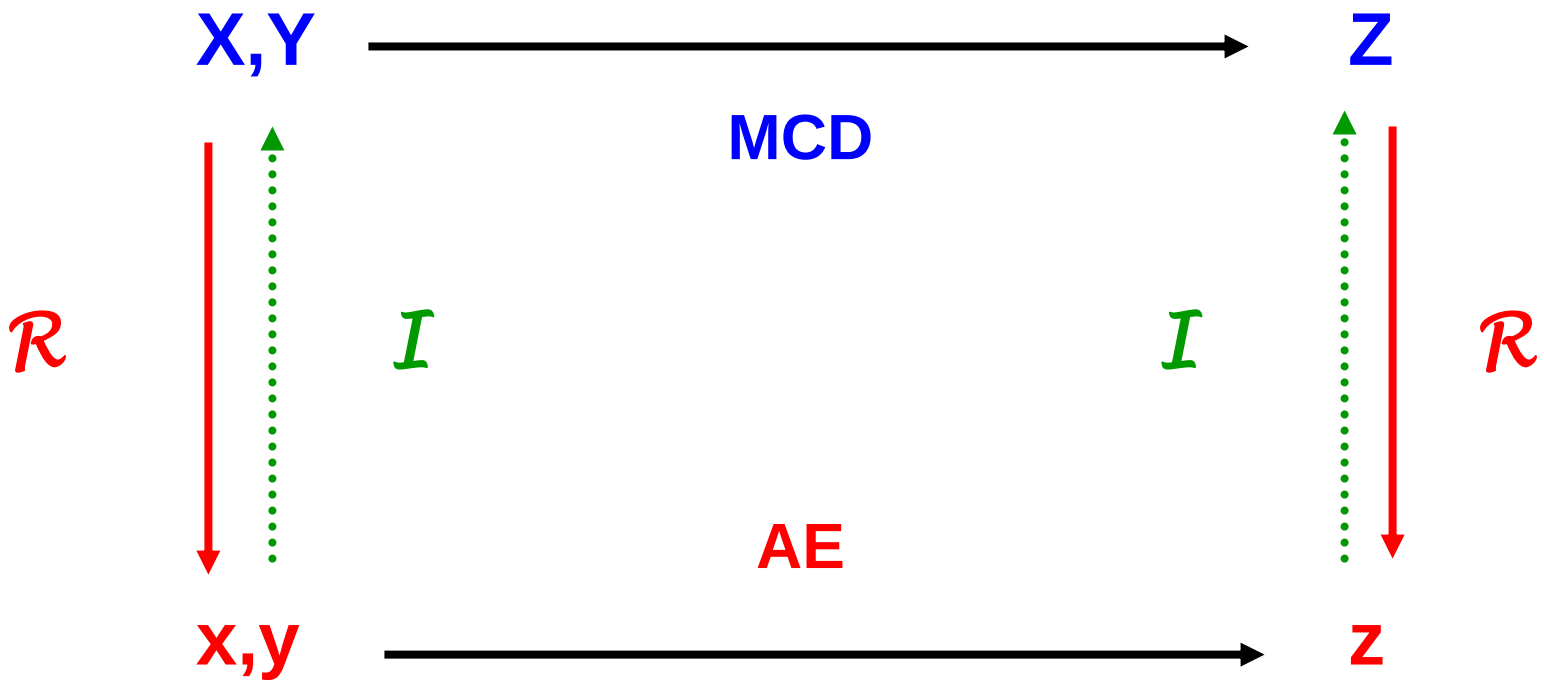
Si noti che le regole dell'algoritmo AE sono in effetti applicate su possibili rappresentazioni x, y, e z dei numeri interi X, Y e Z (oggetti astratti) che sono le loro interpretazioni rispettive

Una rappresentazione possibile è ovviamente quella dell'usuale sistema di numerazione arabo decimale, come nell'esempio precedente

Cioè . . .

$x = \mathcal{R}(X)$, $y = \mathcal{R}(Y)$, $z = \mathcal{R}(Z)$

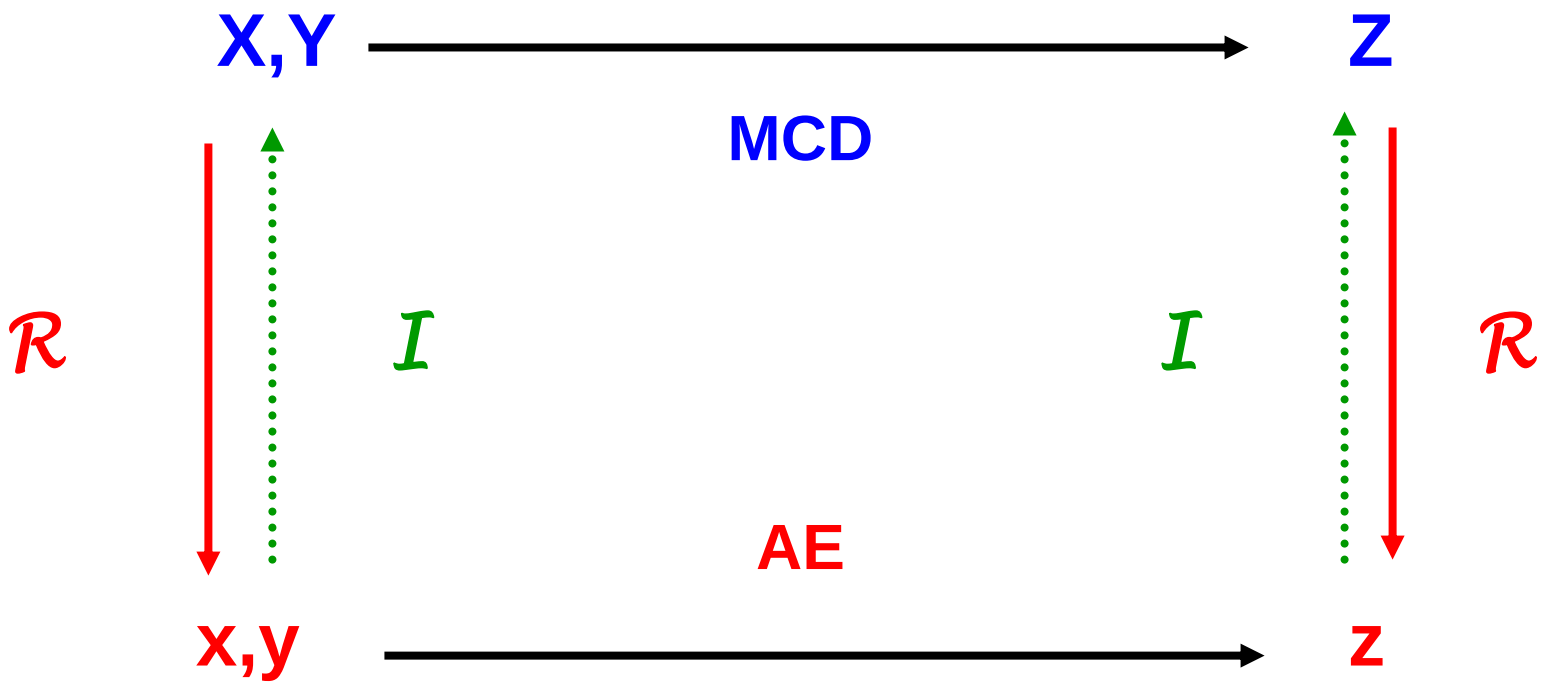
$X = \mathcal{I}(x)$, $Y = \mathcal{I}(y)$, $Z = \mathcal{I}(z)$



E quindi . . .

$$AE\,(\,\mathcal{R}(X)\,,\,\mathcal{R}(Y)\,) = \mathcal{R}\,(\,MCD\,(X\,,\,Y)\,)$$

$$\mathcal{I}\,(\,AE\,(x\,,\,y)\,) = MCD\,(\mathcal{I}(x)\,,\,\mathcal{I}(y)\,)$$



Cosa è un Algoritmo

- ***Procedimento risolutivo di un problema***
- ***Insieme di regole che, eseguite ordinatamente, permettono di ottenere i risultati del problema a partire dai dati a disposizione***

Perché un insieme di regole possa considerarsi un algoritmo deve rispettare alcune proprietà . . .

Proprietà di un Algoritmo

- **Non ambiguità** - ***Le istruzioni devono essere univocamente interpretabili dall'esecutore dell'algoritmo*** ***(nel seguito l'esecutore sarà l'elaboratore, ma il problema si pone anche per esecutori umani)***
- **Eseguibilità** - ***L'esecutore deve essere in grado, con le risorse a disposizione, di eseguire ogni istruzione, ed in tempo finito***
- **Finitezza** - ***L'esecuzione dell'algoritmo deve terminare in un tempo finito per ogni insieme di valori di ingresso***

Ne deriva che . . .

Nella definizione di un algoritmo si deve:

- **adottare un formalismo espressivo adeguato con una sintassi e semantica ben precise**
- **garantire che l'esecutore sia in grado di eseguire ciò che gli richiedo di fare, cioè conoscere le potenzialità dell'esecutore**
- **garantire che l'esecuzione termini in tempo finito**

In tutto questo ci sono le problematiche principali che affronteremo nel seguito

Problemi decidibili

I problemi decidibili sono quelli per cui è possibile definire un algoritmo risolutivo, ad esempio:

- Dati 2 numeri, calcolarne la somma
- Dati n numeri, calcolarne la somma
- Dato un elenco nomi/numeri telefonico, trovare il numero telefonico di una data persona di cui si conosce il nome
- Consultare una carta geografica
- Progettare una rete elettrica / un ponte

Problemi non decidibili

I problemi non decidibili sono, quindi, quelli per cui non è possibile definire un algoritmo risolutivo, ad esempio:

- Decidere se f(x) è una funzione costante
- Determinare il cambio Euro / Dollaro al 1/1/2020

Efficienza

Nella ricerca della soluzione di un problema, cioè nella definizione di un algoritmo, ci si deve porre anche la questione dell'efficienza temporale e spaziale, come nel seguente esempio:

" Ricerca il valore massimo in un insieme numerico { a_1, a_2, ..., a_n } "

Definizione matematica

"Esiste un indice i tale che $a_i \geq a_j$, per j= 1,2,.....,n"

Efficienza temporale . . .

Soluzione 1 – *(Ovvia, banale)*

- **Applico la definizione matematica e verifico la proprietà per ogni valore di i da 1 a n**
- **Devo quindi eseguire un numero di confronti pari a**

$$(n)^2 = O(n^2)$$

cioè dell'ordine di n^2

. . . Efficienza temporale

Soluzione 2 – *(Migliore)*

- Assumo a_1 come massimo (provvisorio)
- Confronto con il successivo e decido il nuovo massimo (provvisorio); e così via di seguito . . .
- Devo quindi eseguire un numero di confronti pari a

$$n - 1 = O(n)$$

cioè dell'ordine di n

Efficienza spaziale . . .

Supponiamo di avere una matrice di n x n numeri interi, di cui solo k (con k << n) sono non nulli e gli altri sono quindi uguali a 0

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ & \dots\dots\dots\dots & & \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}$$

Vogliamo memorizzarla in modo efficiente

. . . Efficienza spaziale . . .

Soluzione 1 – (standard, poco utile)

Memorizziamo tutti gli elementi, uno dopo l'altro, riga dopo riga, occupando così n^2 unità di spazio (celle di memoria)

Soluzione 2 – (migliore)

Memorizziamo il valore dominante – lo 0 - e le dimensioni della matrice; quindi memorizziamo solo i valori dei k elementi non nulli con le rispettive posizioni di riga e colonna, occupando quindi solo 3(k + 1) unità di spazio (celle di memoria)

. . . Efficienza spaziale

La soluzione 2 è quella più efficiente in termini di occupazione di spazio se

$$3(k + 1) < n^2$$

cioè quando il numero k di elementi non nulli è meno di un terzo del numero totale degli elementi

Ma, attenzione comunque alla possibile diminuzione dell'efficienza temporale delle operazioni matriciali con questo secondo tipo di rappresentazione

Problemi intrattabili

ATTENZIONE !!!

Esistono dei problemi che, pur rientrando nel mondo del decidibile, per i quali quindi è possibile individuare un algoritmo risolutivo, ammettono soluzioni non effettive cioè con un costo temporale e/o spaziale insostenibile in pratica

Un esempio . . .

Supponiamo di dover assemblare in orbita un apparato costituito da n parti componenti di peso rispettivo p_1, p_2, ..., p_n , potendo usufruire di missili con portata massima P, con $p_i < P$ e $\Sigma\ p_i >> P$, si tratta di minimizzare il numero di missioni da compiere

Prendiamo il caso n = 50, dobbiamo verificare il peso totale trasportabile in una missione sommando i pesi delle parti componenti a due a due, a tre a tre, e così via . . .

Un esempio . . . su cui riflettere

Compiamo quindi 2^{50} operazioni di confronto con P e se ciascuna costa 1 ms il tempo totale sarà di circa 40.000 anni

Con le attuali tecnologie potremmo ridurre il tempo del confronto a 1 μs , ma il tempo totale sarà comunque di circa 40 anni

COSTO ESPONENZIALE

rispetto a n, cioè dell'ordine di 2^n

Riassumendo . . . (fino a questo punto)

Per delegare ad un esecutore (automatico) la soluzione di un problema, a partire dalla struttura astratta di appartenenza degli oggetti da trattare (manipolare), si deve perciò:

- **individuare una rappresentazione della struttura: degli oggetti e delle operazioni**
- **individuare una rappresentazione – descrizione - dell'algoritmo, come sequenza di passi elementari**

Rappresentazione

Per tali rappresentazioni si fa uso di un opportuno formalismo espressivo o linguaggio

Nel caso di un esecutore automatico (elaboratore) si fa uso di un adeguato linguaggio di programmazione composto di regole comprensibili sia per noi che per l'elaboratore

Definizioni

- **Dati di ingresso (INPUT) - le rappresentazioni (fornite all'elaboratore) delle informazioni a disposizione**
- **Programma - la rappresentazione dell'algoritmo nel linguaggio di programmazione scelto (un programma sarà costituito da un insieme di istruzioni)**
- **Dati di uscita (OUTPUT) - le rappresentazioni fornite dall'elaboratore al termine della esecuzione del programma**

PROBLEMA ⟶ ALGORITMO

ALGORITMO ⟶ PROGRAMMA

Come intendiamo un Elaboratore

- L'elaboratore è un esecutore di operazioni in sequenza che trasformano input in output
- Funziona secondo regole precise e conosce un numero (molto) limitato di comandi (istruzioni)
- Esegue ciascun comando in modo univoco e in tempo finito
- Esegue azioni elementari (in numero limitato) su dati (che sono rappresentazioni di oggetti astratti) eseguendo istruzioni
- Le azioni procurano effetti di cambiamento di stato

Programma e Processo

- Un programma è una sequenza di istruzioni
- Un processo (di esecuzione di un programma) è una sequenza di azioni (che sono l'esecuzione delle istruzioni del programma)
- Un processo fa passare l'elaboratore da uno stato iniziale ad uno stato finale

Un esempio di esecutore

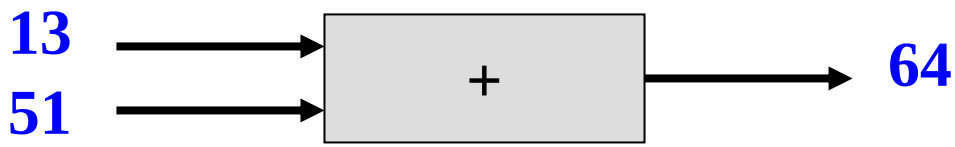
Consideriamo un esecutore - denominato Sommatore - in grado di eseguire operazioni di somma di due numeri interi

Il Sommatore riceve in ingresso due numeri interi e li memorizza in due celle di memoria denominate x e y

Produce il valore della loro somma nella cella di memoria denominata z e fornisce in uscita questo valore calcolato

Le successive diapositive descrivono il comportamento del Sommatore

Sommatore



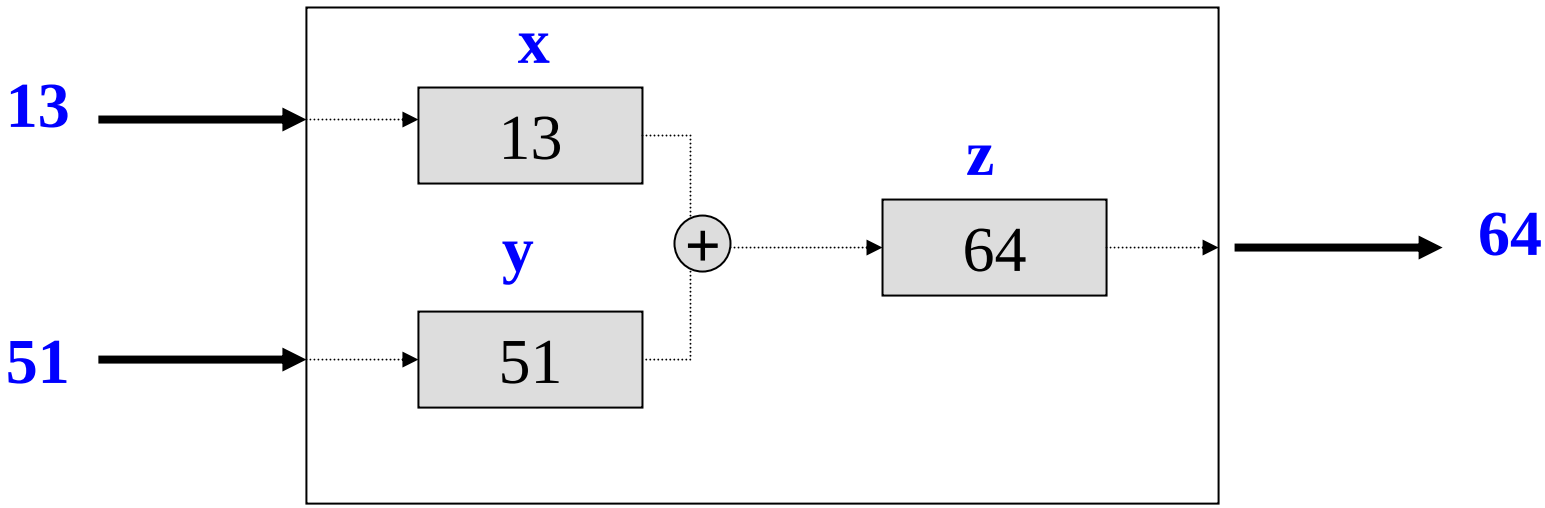
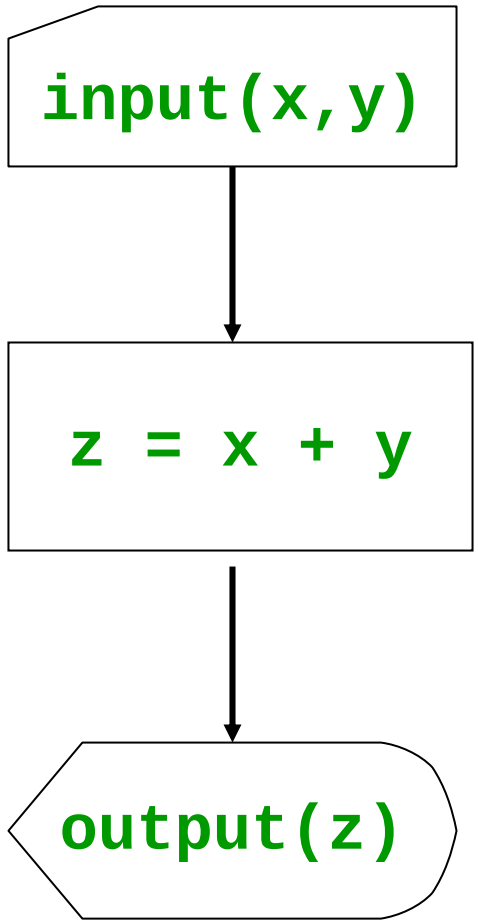


Diagramma a blocchi



Cosa è una variabile . . .

- Dal punto di vista logico una variabile è un simbolo (un nome) che identifica la rappresentazione di un oggetto di interesse (di tipo fissato, ad esempio un intero)
- Dal punto di vista fisico una variabile può essere intesa come un contenitore (cella di memoria) per valori di un oggetto di interesse (di tipo fissato)

. . . Cosa è una variabile

- Nella sua definizione ad ogni variabile viene quindi univocamente associato un nome, immodificabile
- Ad ogni variabile viene anche associato un tipo che caratterizza l'insieme dei valori che essa può assumere nel tempo
- Variabili diverse devono avere nomi diversi, ma evidentemente possono avere lo stesso tipo e valori uguali

Cosa è una assegnazione

Ad una variabile di nome alfa possiamo assegnare come valore una costante, ad esempio 137, oppure 483, con una assegnazione denotata dal simbolo =

alfa = 137 oppure alfa = 483

Ad una variabile possiamo assegnare anche il valore di un'altra variabile, ad esempio

beta = alfa

In una assegnazione la parte sinistra (rispetto al simbolo =) è la variabile ricevente o destinataria del valore che è invece la parte destra, che può essere anche una qualunque espressione da calcolare, come nell'esempio z = x + y

Soluzioni di problemi ed esecutori

Come già detto la soluzione di un problema è determinata anche sulla base delle capacità operative dell'esecutore scelto per la soluzione automatica

- Se l'esecutore ha elevate capacità la soluzione è spesso molto semplificata: è come rivolgersi ad un esperto al quale è sufficiente descrivere il problema per avere la soluzione
- Se l'esecutore ha scarse capacità la soluzione deve essere descritta con molti dettagli, richiedendo all'esecutore di eseguire passo dopo passo semplici azioni a lui note

Un altro problema . . .

Determinare il prodotto di due numeri interi positivi

Enunciato informale in linguaggio naturale

Determinare $Z = X \cdot Y$, dove $X, Y, Z \in N^+$

Formalizzazione in linguaggio naturale e matematico

. . . Un altro problema . . .

Se l'esecutore scelto per la soluzione del problema opera sulla seguente rappresentazione della **struttura matematica** degli oggetti (numeri naturali) da trattare:

$$\mathcal{NAT} = < \mathrm{N}_{10} , + , - , * , < , = , 0 , 1 >$$

cioè se l'esecutore sa eseguire un prodotto, allora il problema è risolto dall'esecuzione della seguente istruzione, scritta in un formalismo, **linguaggio di programmazione** , che supponiamo comprensibile al nostro esecutore

```
z = x * y
```

. . . Un altro problema . . .

In questo linguaggio utilizziamo le variabili, nell'accezione precedentemente definita, x, y e z, come denotazione di valori che rappresentano i numeri naturali del problema

x = Rapp(X) , y = Rapp(Y) , z = Rapp(Z)

il simbolo * per denotare l'operazione di prodotto e l'istruzione di assegnazione, denotata dal simbolo =, per assegnare alla variabile z il valore ottenuto dall'operazione di prodotto

z = x * y

Un altro problema ancora . . .

Qualora invece l'esecutore scelto per la soluzione del problema operi su una diversa rappresentazione della struttura degli oggetti da trattare (meno espressiva e potente - non sa eseguire il prodotto, ma solo somma e sottrazione) , quale:

$$\mathcal{NAT} = < \mathrm{N}_{10}, +, -, <, =, 0 >$$

allora è necessario definire un algoritmo risolutivo basato sull'applicazione di una opportuna sequenza di operazioni elementari tra quelle possibili (eseguibili dall'esecutore)

. . . e ancora

Teorema:

Siano $x, y \in N^+$

Se $y = 1$ allora $x \cdot y = x$

Altrimenti $x \cdot y = x + (x \cdot (y - 1))$

Cioè per avere il valore z del prodotto di x e y posso sommare x a sé stesso tante volte quanto indicato dal valore di y

$$z = x + (x + (x + \ldots (x \cdot (y - (y - 1))) \ldots))$$

$$z = x + x + \ldots + x$$

In pratica

Inizialmente il valore di z è 0, quindi, verificando passo dopo passo che il valore di y resti maggiore di 0, ripeto queste due operazioni:

- incremento il valore corrente di z con x
- decremento di 1 il valore di y

Algoritmo per il prodotto

1. z = 0
2. mentre y > 0
    2.1. incrementa z di x
    2.2. decrementa y di 1

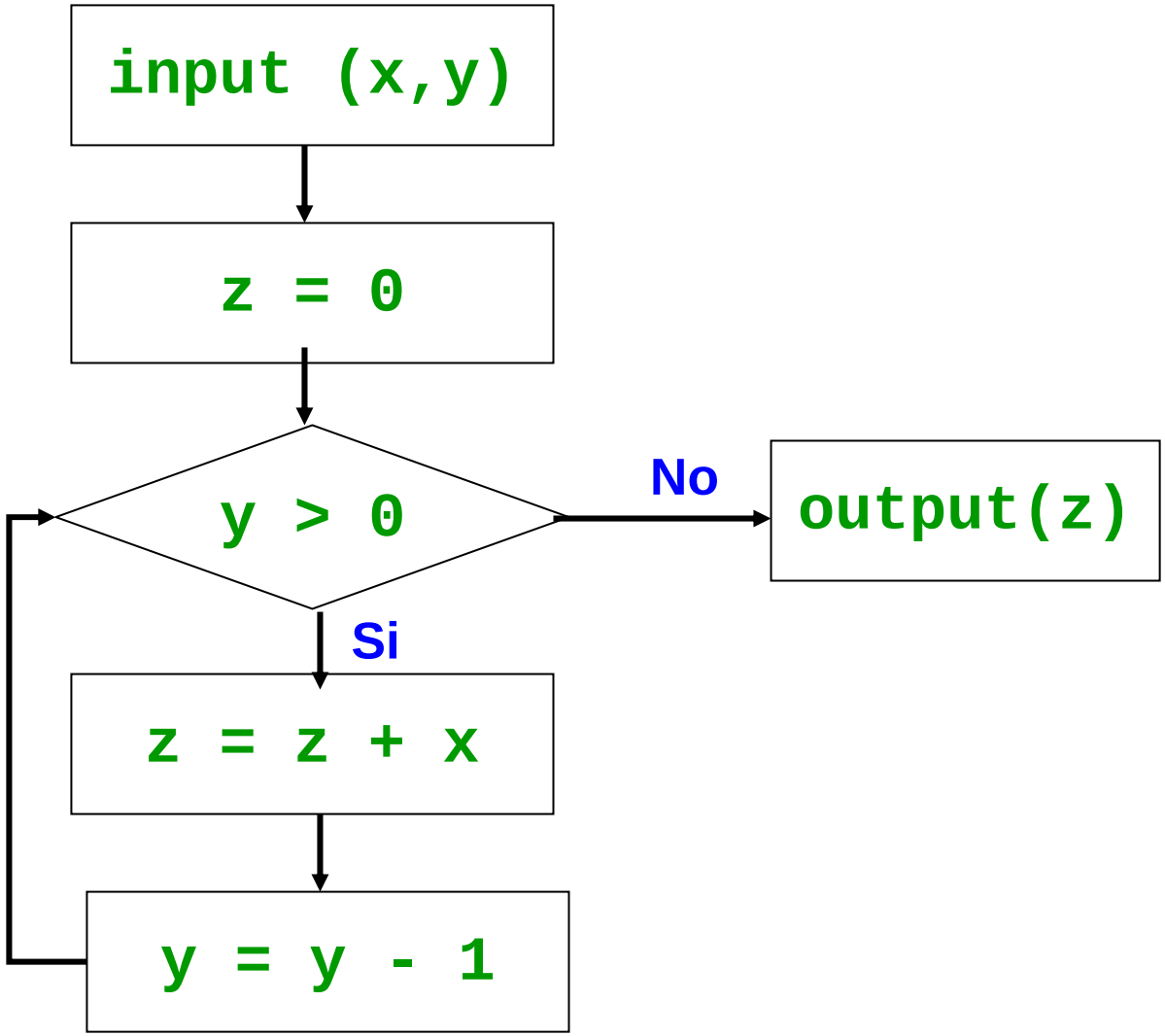
Descrizione dell'algoritmo

Pseudo-programma per il prodotto

```
Programma:      Prodotto
Variabili:      integer x, y, z;
Istruzioni:     1.   input (x, y);
                2.   z = 0;
                3.   while (y > 0) {
                4.         z = z + x;
                5.         y = y - 1;
                     }
                6.   output (z);
```

Descrizione dell'algoritmo in un linguaggio (di programmazione)

Diagramma a blocchi



Traccia del processo di esecuzione

Istruzione	X	Y	Z
1.	17	3	
2.	17	3	0
3.	17	3	0
4.	17	3	17
5.	17	2	17
3.	17	2	17
4.	17	2	34
5.	17	1	34
3.	17	1	34
4.	17	1	51
5.	17	0	51
3.	17	0	51
6.	17	0	51

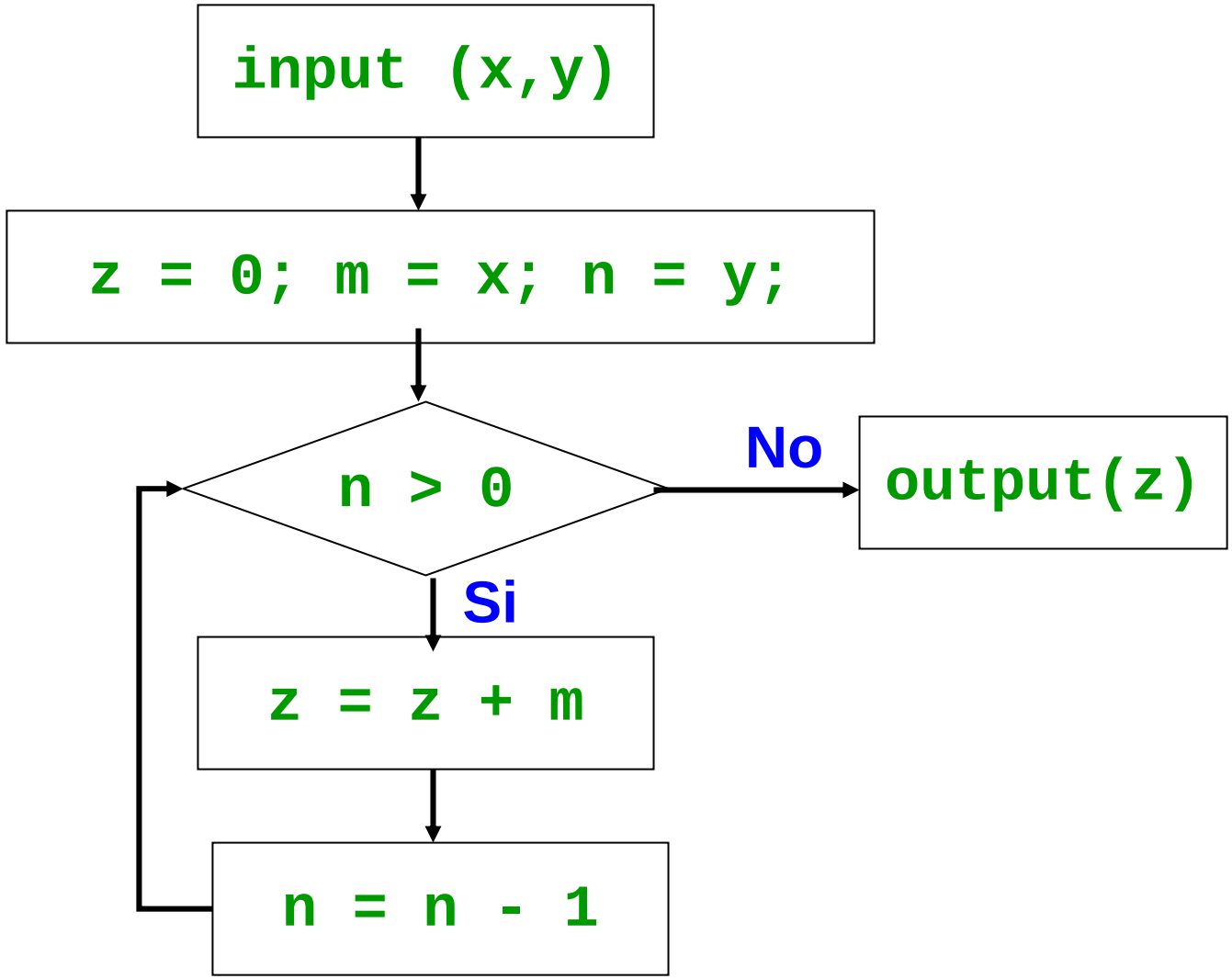
Una prima riflessione

Si dovrebbe poter verificare se il risultato è corretto, cioè se il valore finale di z sia o meno effettivamente il prodotto dei valori di x e di y

Al termine dell'elaborazione tuttavia il valore di y è nullo, si è cioè perduto il suo valore iniziale, determinando una impossibilità di verifica del risultato

Si può ovviare a questa carenza !!!

Diagramma a blocchi



Correttezza . . .

```
Prodotto
        integer x, y, m, n, z;
        input (x, y);
        m = x;
        n = y;
        z = 0;
        while (n > 0) {
              z = z + m;
              n = n - 1:
        }
        output (z);
```

. . . Correttezza

	x	y	m	n	z	
1.	17	3	17	3		
2.	17	3	17	3	0	x*y = z+m*n
3.	17	3	17	3	0	
4.	17	3	17	3	17	
5.	17	3	17	2	17	x*y = z+m*n
3.	17	3	17	2	17	
4.	17	3	17	2	34	
5.	17	3	17	1	34	x*y = z+m*n
3.	17	3	17	1	34	
4.	17	3	17	1	51	
5.	17	3	17	0	51	x*y = z+m*n
3.	17	3	17	0	51	
6.	17	3	17	0	51	x*y = z+m*n

Un’altra riflessione

In questo caso il problema della correttezza può essere gestito tenendo anche conto della possibilità di determinare la validità della seguente proprietà durante l’esecuzione del programma

$$x * y = z + m * n$$

Questo tipo di proprietà è detto invariante di ciclo

Efficienza

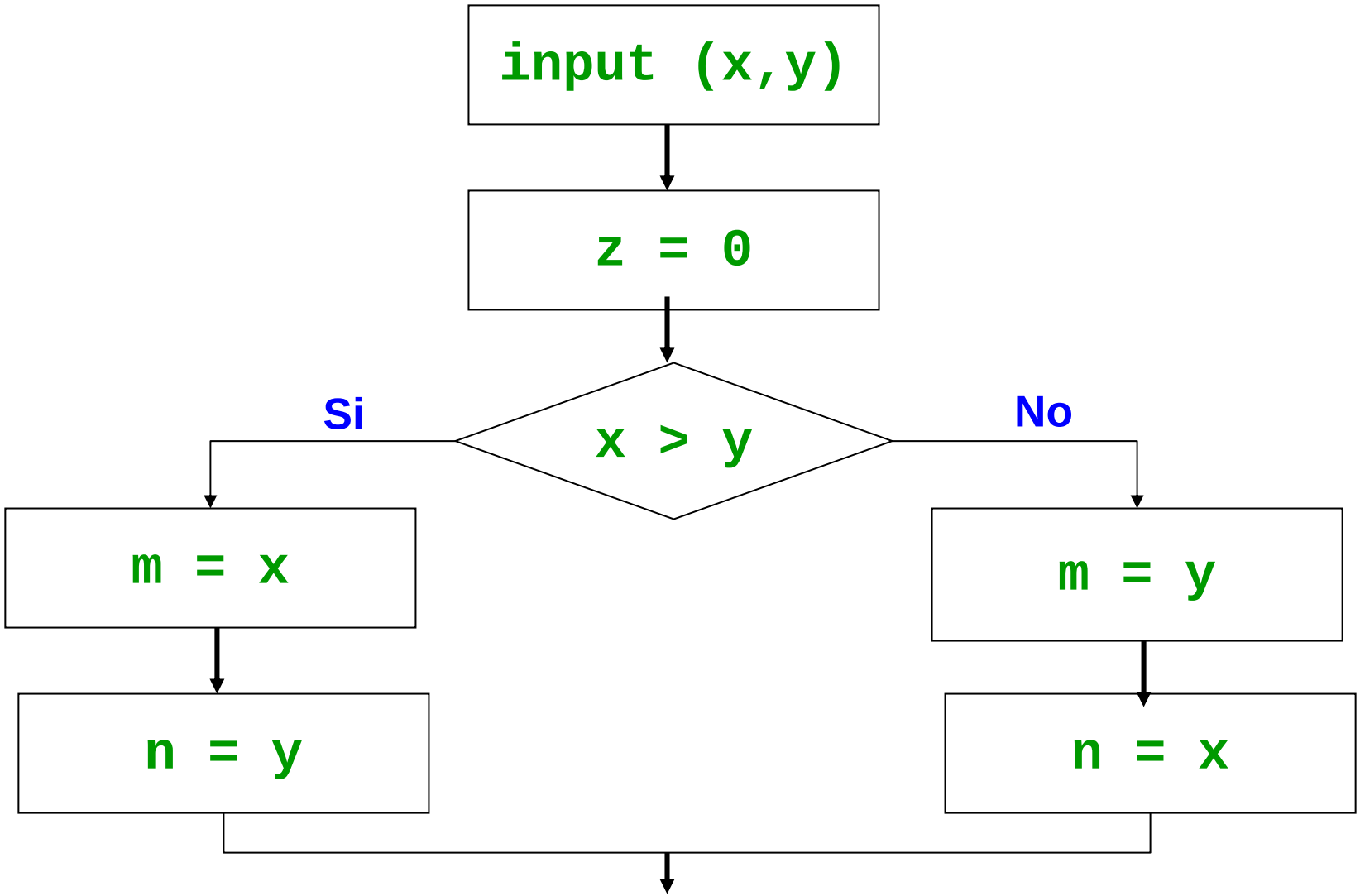
Ragioniamo ora sugli aspetti di efficienza della soluzione fin qui adottata

Il numero di addizioni complessive che vengono eseguite è pari ad n cioè a y, che nel nostro esempio vale 3

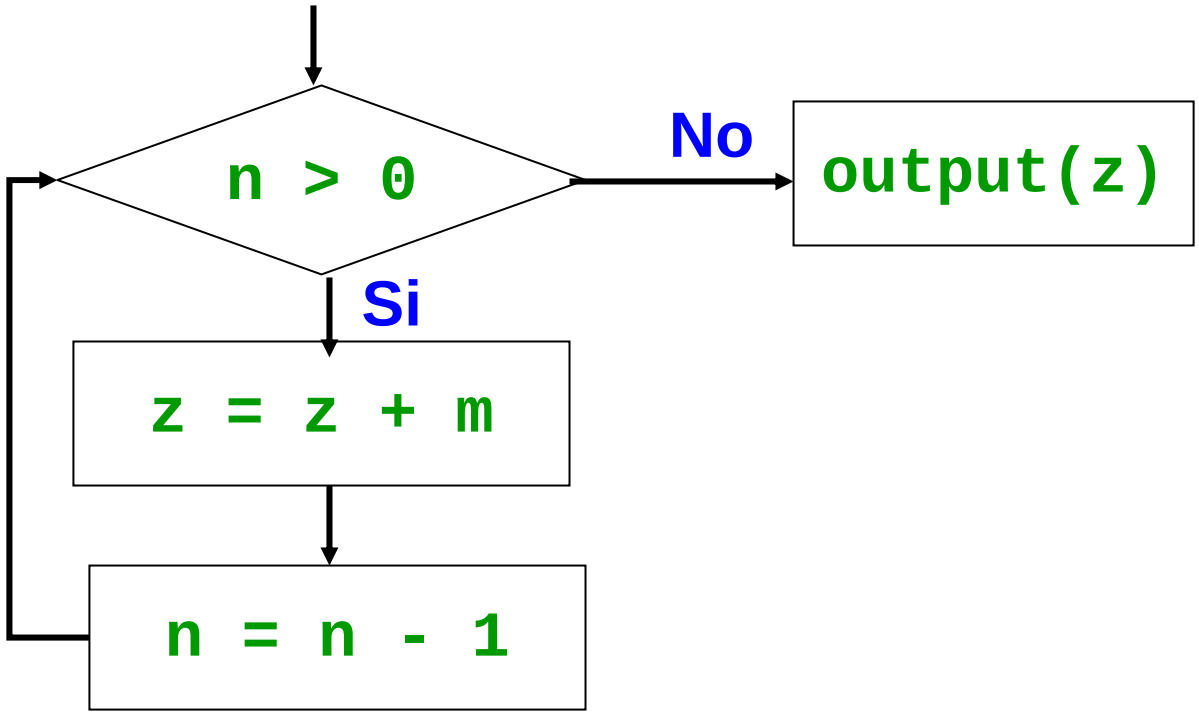
Pensiamo allora al caso di moltiplicare 3 per 17 utilizzando il nostro programma

Forse dobbiamo fare delle modifiche . . .

Diagramma a blocchi . . .



. . . continua



Programma finale per il prodotto

```
Prodotto
      integer x, y, m, n, z;
      input (x, y);
      if (x > y) {
            m = x; n = y;
      } else {
            m = y; n = x;
      };
      z = 0;
      while (n > 0) {
            z = z + m;
            n = n - 1;
      }
      output (z);
```

Commento

- Il problema posto richiede di determinare il prodotto di due numeri interi positivi
- Sono stati individuati 2 algoritmi che lo risolvono in modi diversi in relazione alle potenzialità dell'esecutore
- Per il secondo algoritmo abbiamo definito diversi programmi sui quali abbiamo via via ragionato sulla correttezza e sull'efficienza, pervenendo ad una versione finale da ritenere soddisfacente

Tipi di istruzioni

Nell'esempio si è fatto uso di diversi tipi di istruzioni:

- **Input / Output**
- **Assegnazione**
- **Operazioni aritmetiche e logiche**
- **Controllo**
  - a) **Sequenza (Composizione)**
  - b) **Selezione (Alternativa)**
  - c) **Iterazione (Ciclo o Ripetizione)**

Esempio del programma prodotto

```
Prodotto
        integer x, y, m, n, z;
        input (x, y);
        if ( x > y ) {
                m = x; n = y;
        } else {
                m = y; n = x;
        };
        z = 0;
        while ( n > 0 ) {
                z = z + m;
                n = n - 1;
        }
        output (z);
```

intestazione dichiarazioni input/output assegnazione
op. aritmetiche op. logiche selezione iterazione

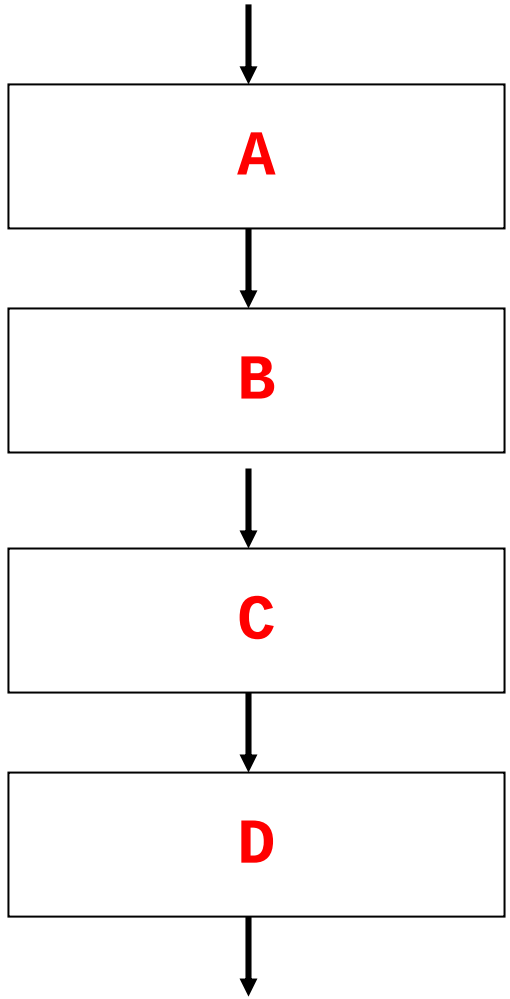
Strutture di controllo

Le strutture di controllo utilizzate nel nostro programma per il calcolo del prodotto di due numeri interi positivi sono

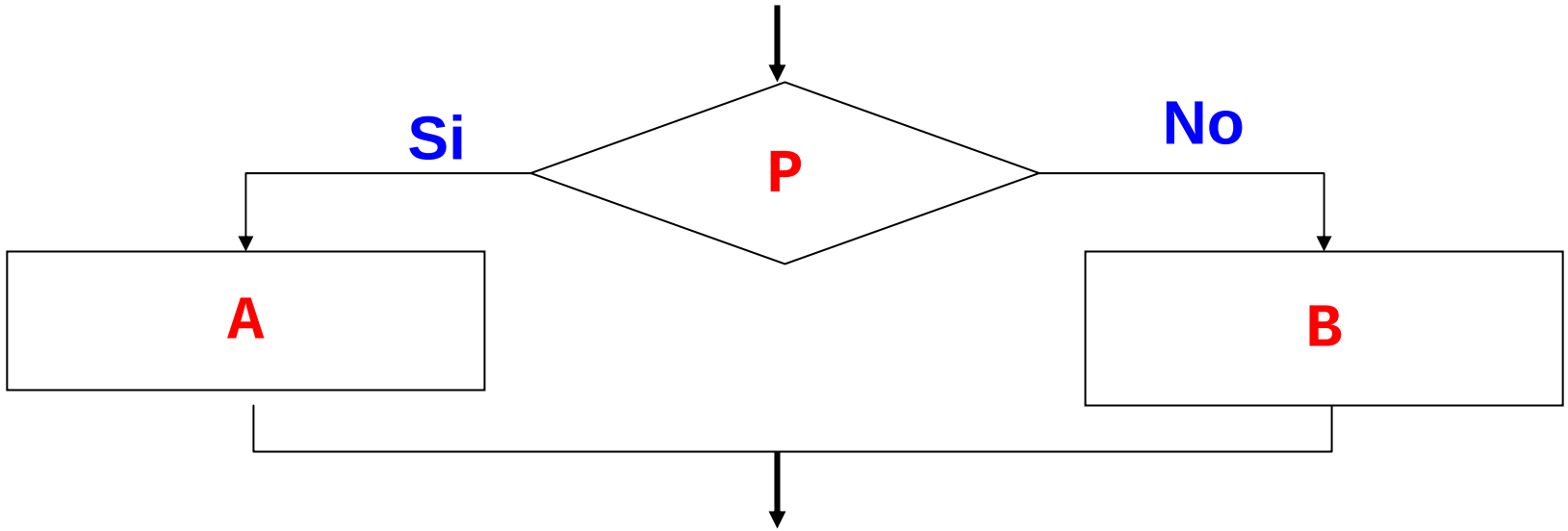
- **Sequenza**
- **Alternativa**
- **Iterazione**

Rivediamole analiticamente attraverso i rispettivi schemi diagrammatici

Sequenza (Composizione)

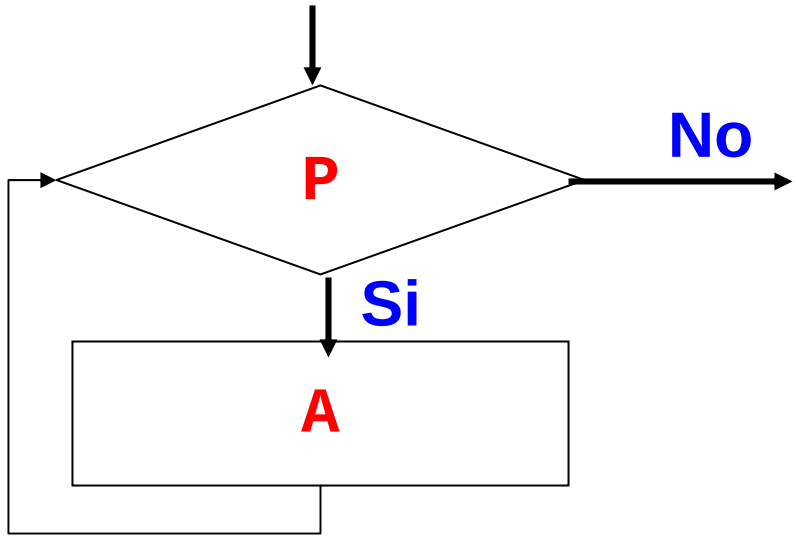


Selezione (Alternativa)



`if` *condizione-P* *istruzione-A* `else` *istruzione-B*

Iterazione (Ripetizione)



`while` ***condizione-P istruzione-A***

Programmazione strutturata

Ciascuna delle strutture di controllo viste precedentemente gode della fondamentale proprietà di avere un flusso con una sola entrata ed una sola uscita; possiamo quindi concatenarle tra loro anche annidandole a vari livelli

"Qualsiasi programma può essere costruito utilizzando esclusivamente questi tre tipi di strutture di controllo"

Ovviamente c'è un teorema su tutto questo:

"Teorema di Böhm-Iacopini"

Riassumendo . . .

Gli esempi introdotti sono stati volutamente semplici ma ci consentono di trarre delle conclusioni generali

- Per ogni problema (decidibile) posso costruire, cioè sintetizzare, diversi algoritmi tra i quali sceglierò sulla base della loro efficienza
- Per ogni algoritmo posso sintetizzare diversi programmi tra i quali sceglierò sulla base della loro efficienza avendone evidentemente verificata la correttezza

Vedremo meglio cosa significa tutto questo e soprattutto come si fa

E ancora . . .

- **Le soluzioni dei problemi le posso costruire (attraverso algoritmi e programmi) astraendo da ciò che conosco**
  - **ad esempio risolvo il problema del prodotto mediante l'iterazione della somma**
  - **similmente risolvo il problema dell'elevamento a potenza intera mediante l'iterazione del prodotto**

Attenzione !!!

Non è quasi mai vero che la prima soluzione che viene in mente sia la migliore e soprattutto non dobbiamo pensare di automatizzare ciò che faremmo a mano : l'uomo e la macchina si comportano in modo diverso . . .

. . . e ancora

Riflettiamo su questo problema

“ Dati 100 numeri interi positivi di 4 cifre ciascuno, è più semplice (più rapido) calcolare la loro somma oppure determinare il valore massimo tra loro ? ”

E ancora . . .

“ Se per verificare come stanno le cose mi rivolgo ad un esecutore umano o ad un elaboratore ottengo la stessa risposta ? ”

Cosa abbiamo visto finora

- Cosa è un problema, e l'esempio del MCD
- Cosa è un algoritmo
- Cosa sono i problemi decidibili e non
- Cosa sono un programma e un processo
- Cosa è una variabile
- Che rapporto c'è tra un algoritmo e le potenzialità del suo esecutore
- In che consistono le proprietà di correttezza ed efficienza
- In cosa consiste la tecnica della programmazione strutturata