
# Programmazione in C

## Unità
## Cicli ed iterazioni

# Cicli ed iterazioni

- La ripetizione
- Istruzione `while`
- Schemi ricorrenti nei cicli
- Istruzione `for`
- Approfondimenti
- Esercizi proposti
- Sommario

# Riferimenti al materiale

- Testi
  - Kernighan & Ritchie: capitolo 3
  - Cabodi, Quer, Sonza Reorda: capitolo 4
  - Dietel & Dietel: capitolo 4
- Dispense
  - Scheda: “Cicli ed iterazioni in C”


# Cicli ed iterazioni

## La ripetizione

# La ripetizione

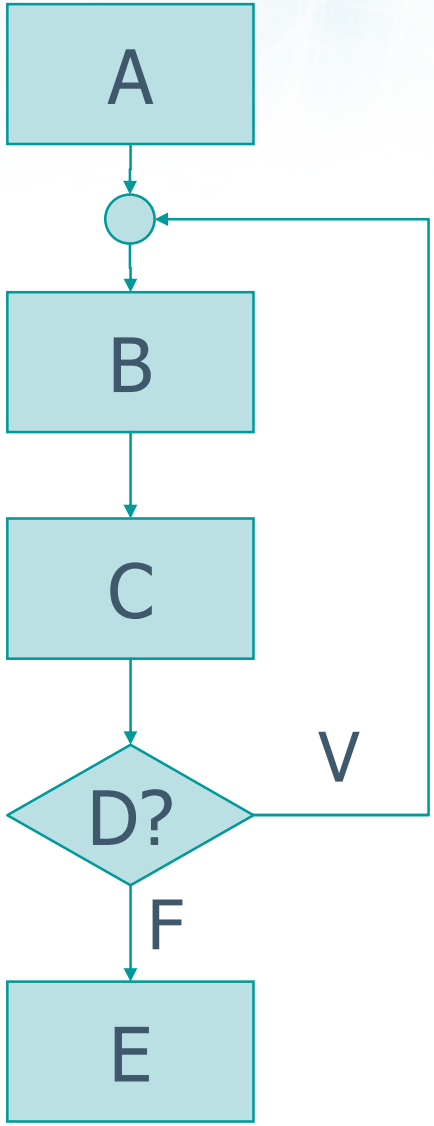
- Concetto di ciclo
- Struttura di un ciclo
- Numero di iterazioni note
- Numero di iterazioni ignote


# La ripetizione

## Concetto di ciclo

# Flusso di esecuzione ciclico

- È spesso utile poter **ripetere** alcune parti del programma più volte
- Nel diagramma di flusso, corrisponde a "tornare indietro" ad un blocco precedente
- Solitamente la ripetizione è controllata da una condizione booleana



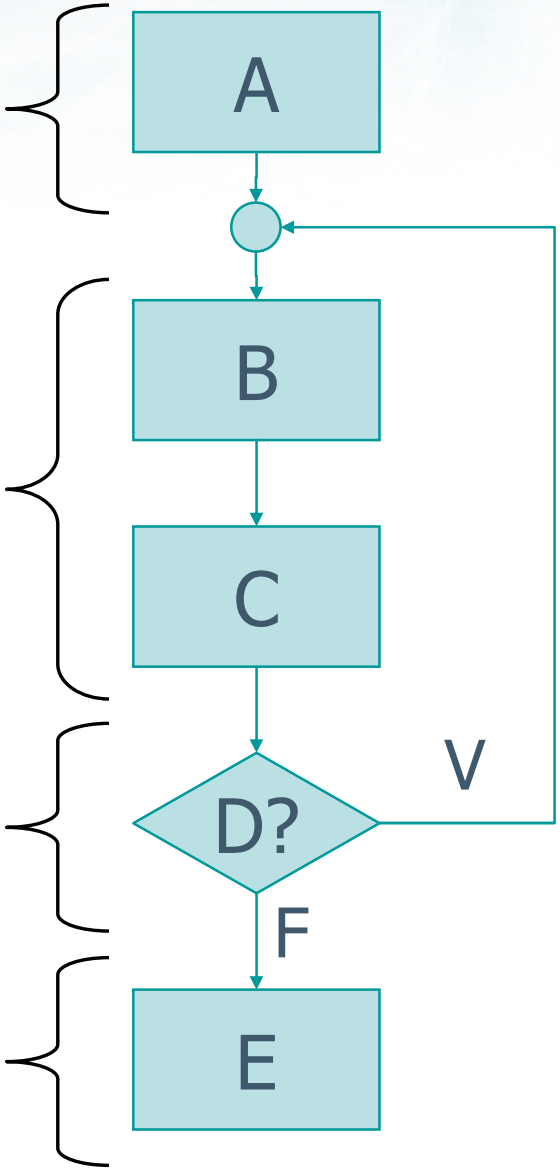
# Flusso di esecuzione ciclico

Prima del ciclo

Istruzioni che vengono ripetute

Condizione di ripetizione

Dopo il ciclo



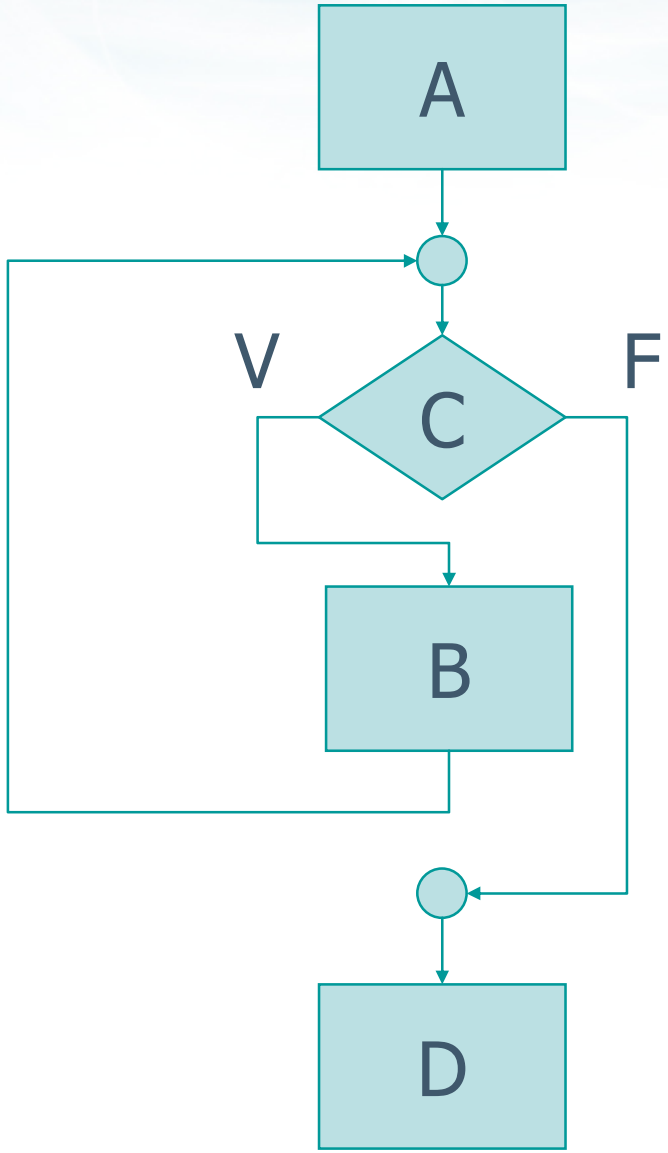

# Errore frequente

- Ogni ciclo porta in sé il rischio di un grave errore di programmazione: il fatto che il ciclo venga ripetuto indefinitamente, senza mai uscire
- Il programmatore deve garantire che ogni ciclo, dopo un certo numero di iterazioni, venga terminato
  - La condizione booleana di controllo dell'iterazione **deve** divenire falsa

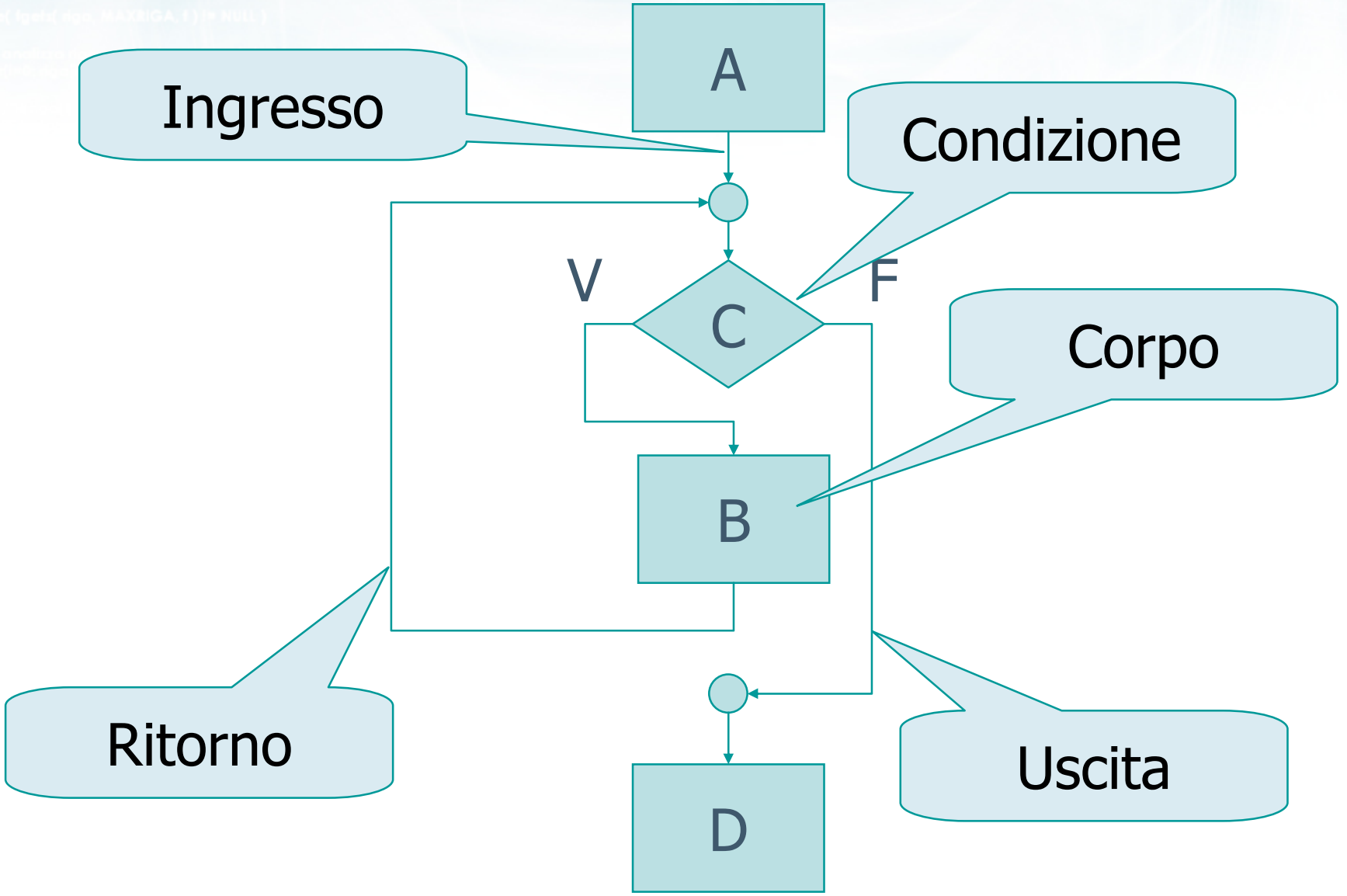
# Istruzioni eseguibili ed eseguite

- Istruzioni eseguibili
  - Le istruzioni che fanno parte del programma
  - Corrispondono alle istruzioni del sorgente C
- Istruzioni eseguite
  - Le istruzioni effettivamente eseguite durante una specifica esecuzione del programma
  - Dipendono dai dati inseriti
- Nel caso di scelte, alcune istruzioni eseguibili non verranno eseguite
- Nel caso di cicli, alcune istruzioni eseguibili verranno eseguite varie volte

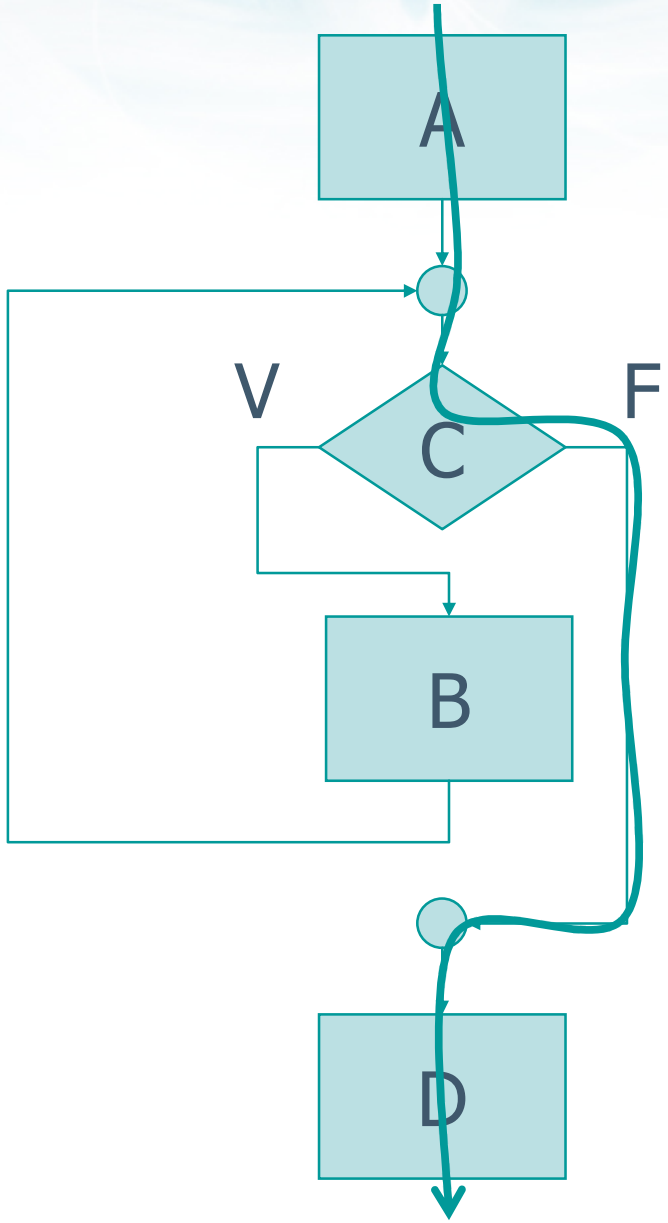
# Notazione grafica (while)



# Notazione grafica (while)



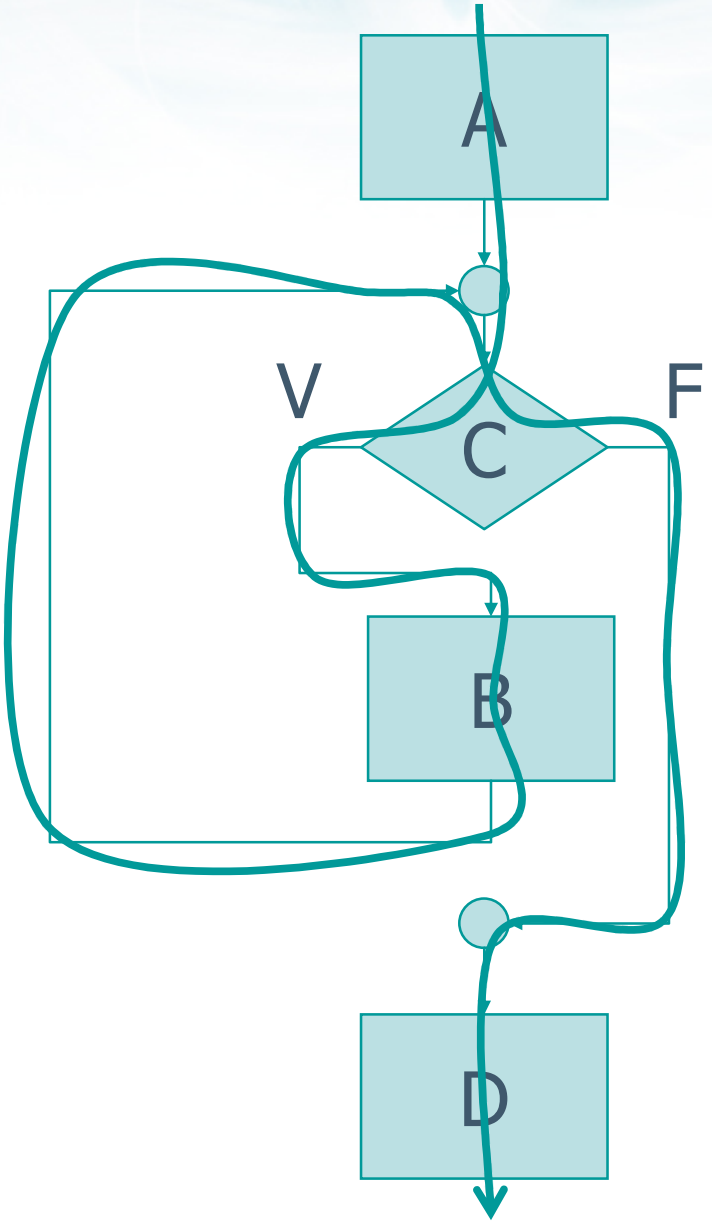
# Flussi di esecuzione




Zero iterazioni

A
C → Falso
D

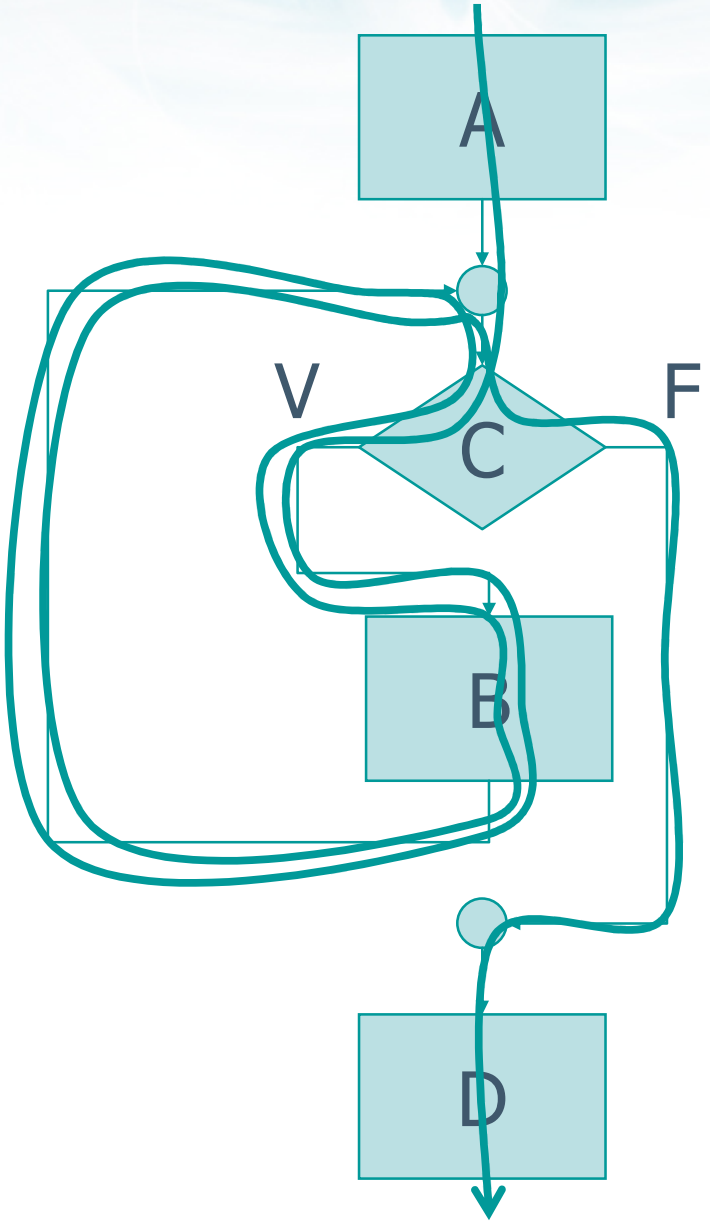
# Flussi di esecuzione




Una iterazione

A
C → Vero
B
C → Falso
D

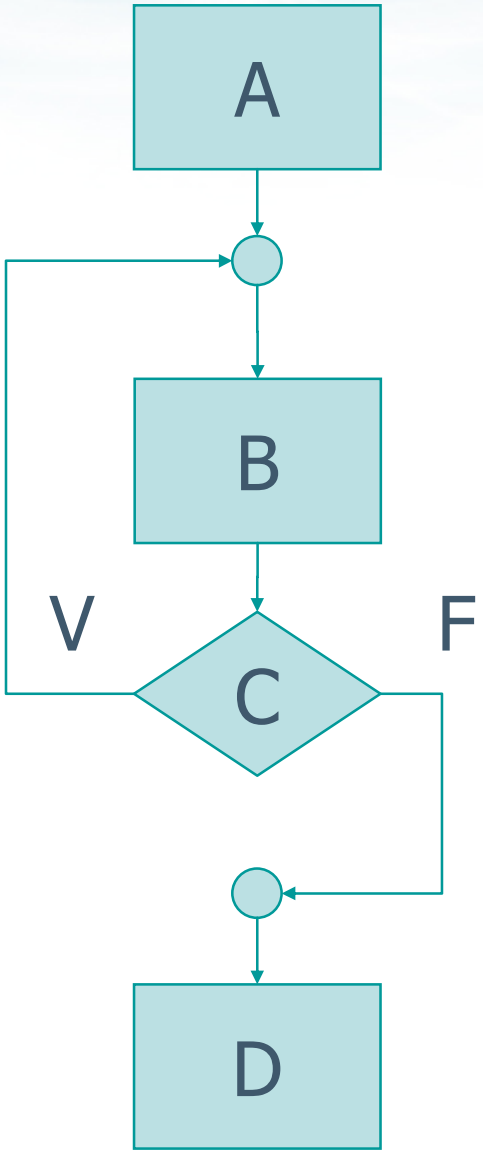
# Flussi di esecuzione



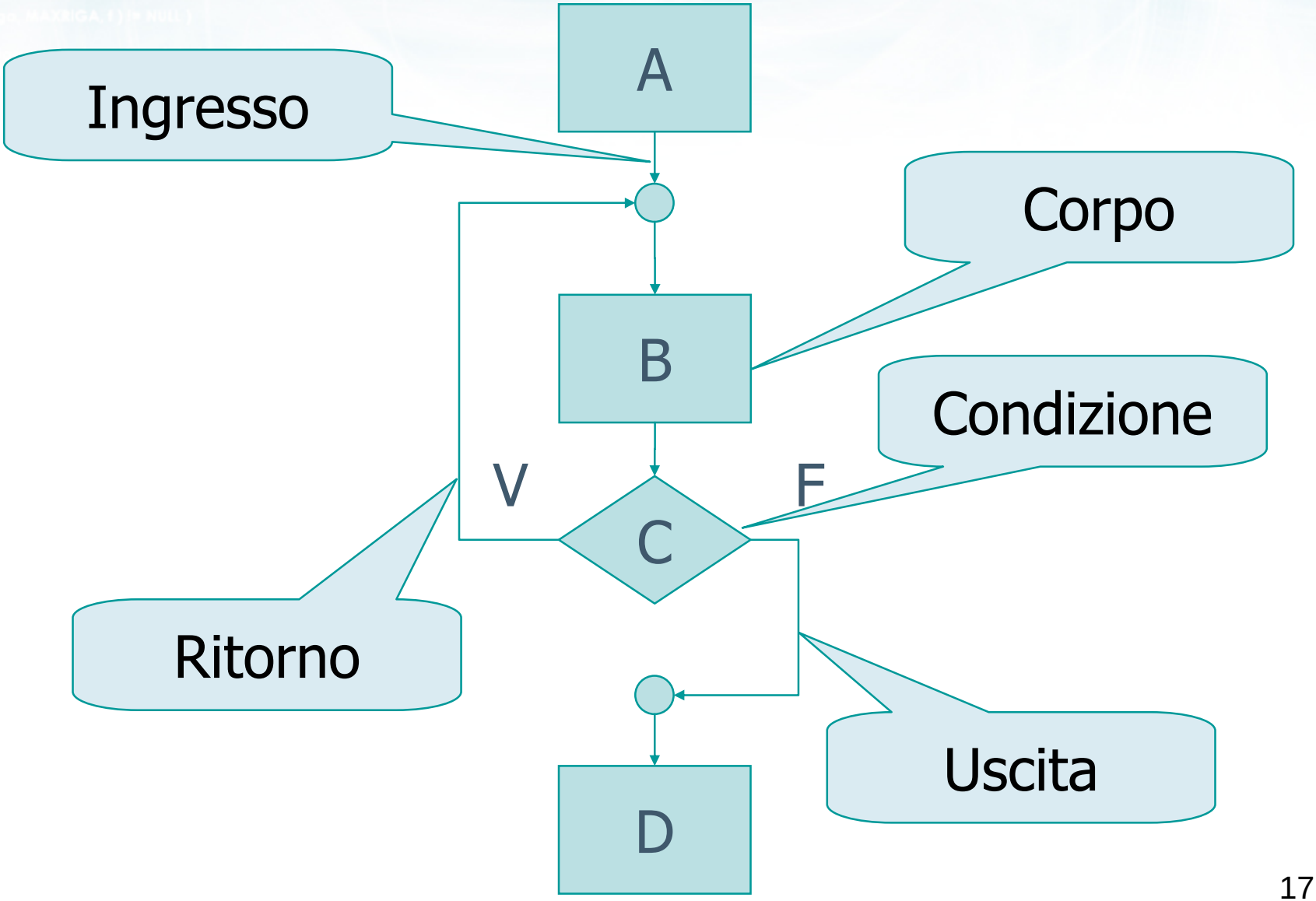

Due iterazioni

A
C → Vero
B
C → Vero
B
C → Falso
D

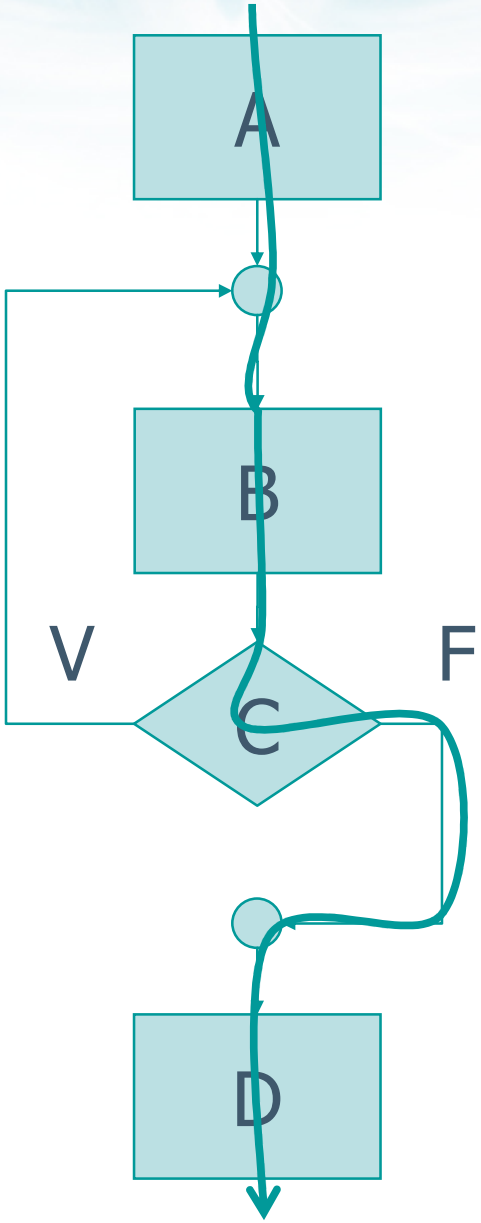
# Notazione grafica (do-while)



# Notazione grafica (do-while)



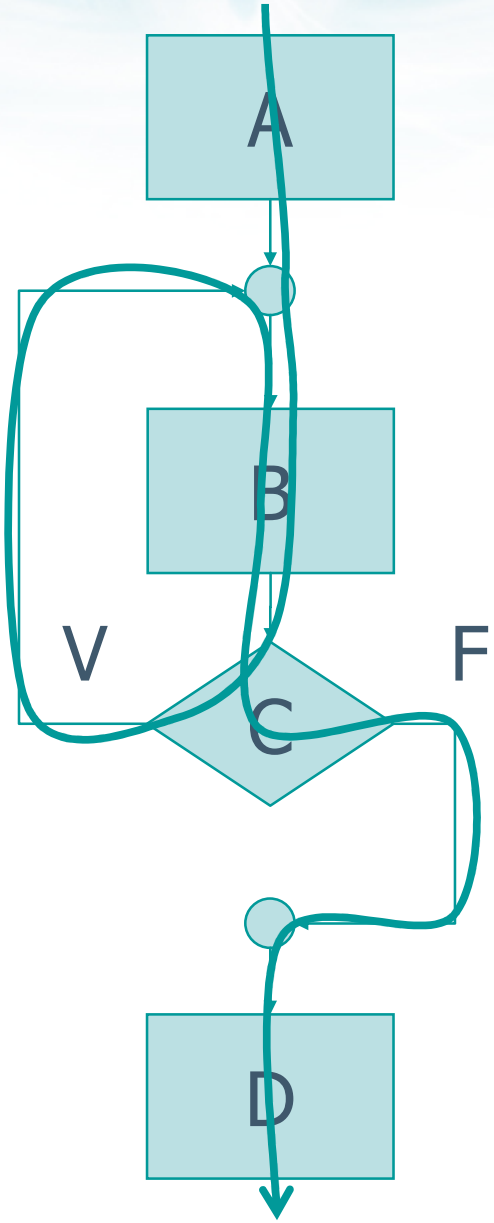
# Flussi di esecuzione




Una iterazione

A
B
C → Falso
D

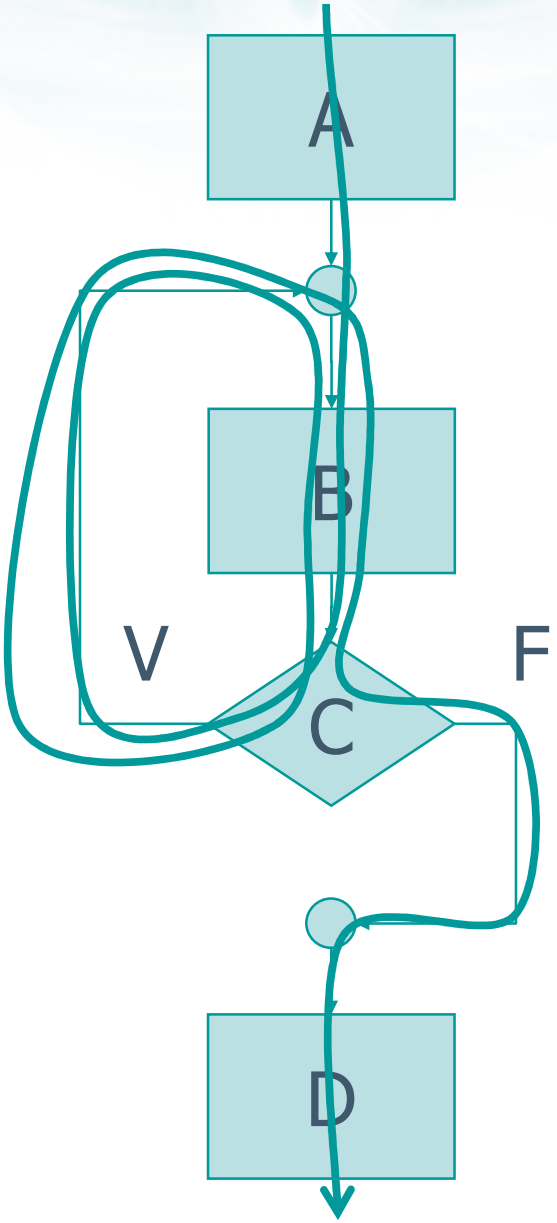
# Flussi di esecuzione




Due iterazioni

A
B
C → Vero
B
C → Falso
D

# Flussi di esecuzione




Tre iterazioni

A
B
C → Vero
B
C → Vero
B
C → Falso
D


# La ripetizione

## Struttura di un ciclo

# Problemi

- Nello strutturare un ciclo occorre garantire:
  - Che il ciclo possa terminare
  - Che il numero di iterazioni sia quello desiderato
- Il corpo centrale del ciclo può venire eseguito più volte:
  - La prima volta lavorerà con variabili che sono state inizializzate al di fuori del ciclo
  - Le volte successive lavorerà con variabili che possono essere state modificare nell'iterazione precedente
  - Garantire la correttezza sia della prima, che delle altre iterazioni

# Anatomia di un ciclo (1/5)

- Conviene concepire il ciclo come 4 fasi
  - Inizializzazione
  - Condizione di ripetizione
  - Corpo
  - Aggiornamento

# Anatomia di un ciclo (2/5)

- Conviene concepire il ciclo come 4 fasi
  - Inizializzazione
    - Assegnazione del valore iniziale a tutte le variabili che vengono lette durante il ciclo (nel corpo o nella condizione)
  - Condizione di ripetizione
  - Corpo
  - Aggiornamento

# Anatomia di un ciclo (3/5)

- Conviene concepire il ciclo come 4 fasi
  - Inizializzazione
  - Condizione di ripetizione
    - Condizione, di solito inizialmente vera, che al termine del ciclo diventerà falsa
    - Deve dipendere da variabili che saranno modificate all'interno del ciclo (nel corpo o nell'aggiornamento)
  - Corpo
  - Aggiornamento

# Anatomia di un ciclo (4/5)

- Conviene concepire il ciclo come 4 fasi
  - Inizializzazione
  - Condizione di ripetizione
  - Corpo
    - Le istruzioni che effettivamente occorre ripetere
    - Sono lo scopo per cui il ciclo viene realizzato
    - Posso usare le variabili inizializzate
    - Posso modificare le variabili
  - Aggiornamento

# Anatomia di un ciclo (5/5)

- Conviene concepire il ciclo come 4 fasi
  - Inizializzazione
  - Condizione di ripetizione
  - Corpo
  - Aggiornamento
    - Modifica di una o più variabili in grado di aggiornare il valore della condizione di ripetizione
    - Tengono "traccia" del progresso dell'iterazione

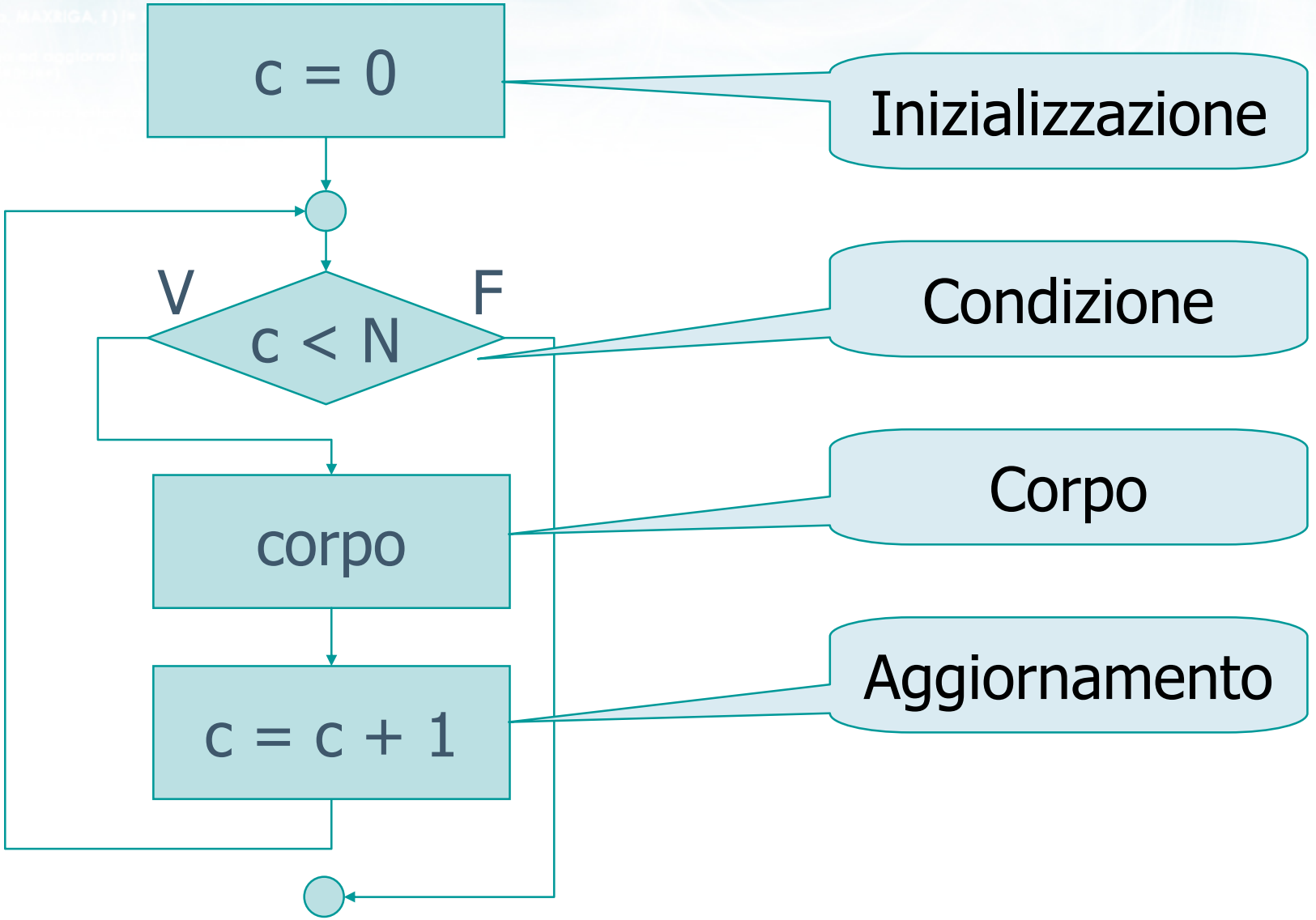

# La ripetizione

## Numero di iterazioni note

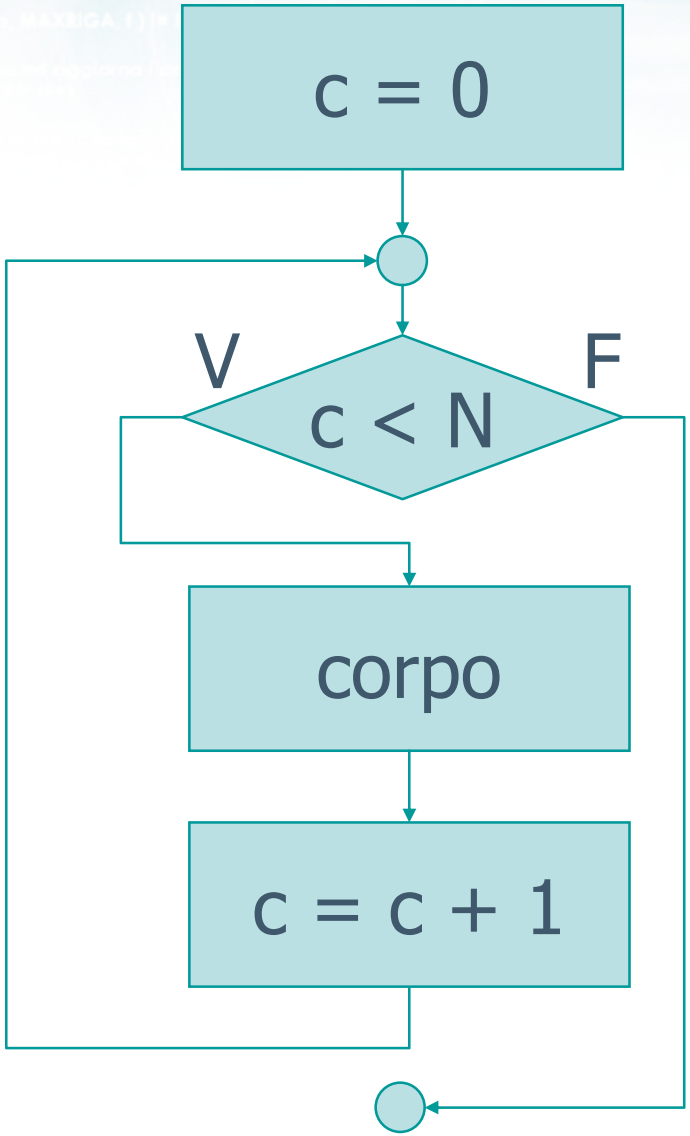
# Tipologie di cicli

- Cicli in cui il numero di iterazioni sia noto a priori, ossia prima di entrare nel ciclo stesso
  - Solitamente si usa una variabile "contatore"
  - L'aggiornamento consiste in un incrememto o decremento della variabile
- Cicli in cui il numero di iterazioni non sia noto a priori, ma dipenda dai dati elaborati nel ciclo
  - Solitamente si una una condizione dipendente da una variabile letta da tastiera oppure calcolata nel corpo del ciclo
  - Difficile distinguere il corpo dall'aggiornamento
  - Problema di inizializzazione

# Cicli con iterazioni note

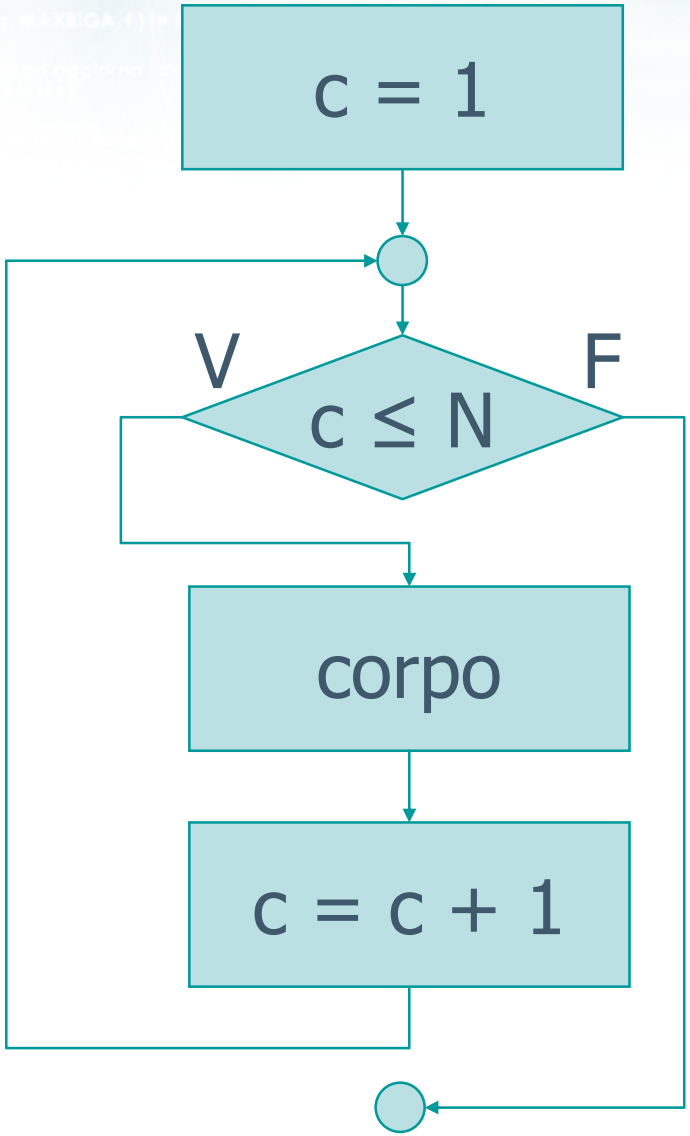


# Cicli con iterazioni note



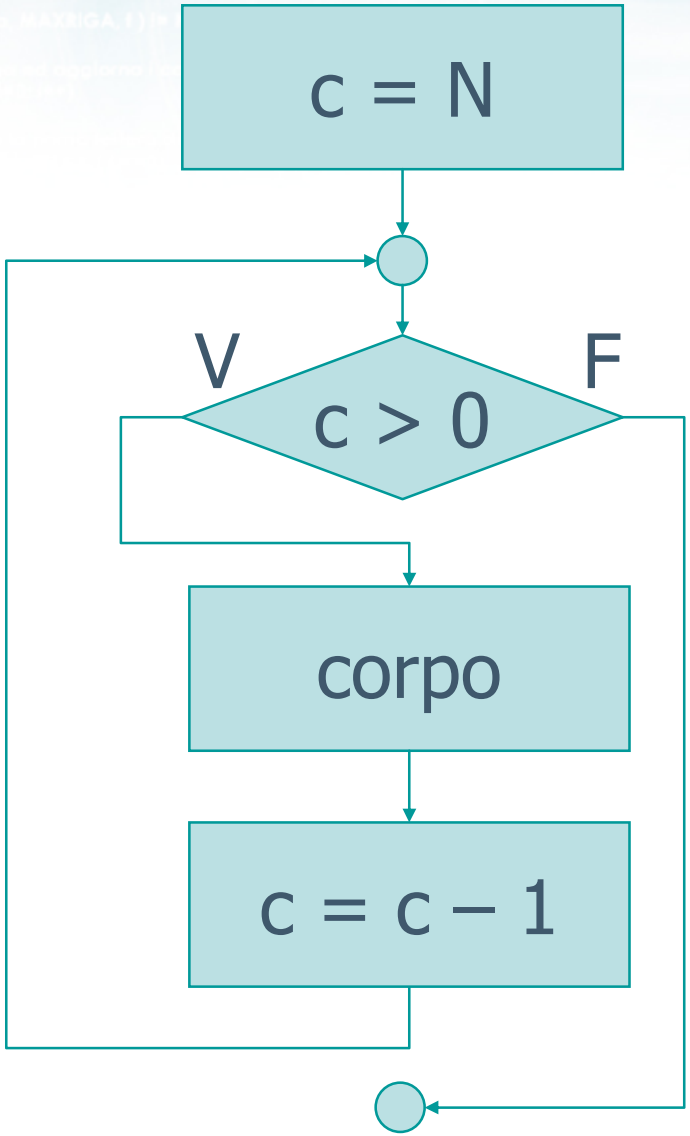

- Forma 0...N-1
- Prima iterazione:
  - c=0
- Ultima iterazione:
  - c=N-1
- Corpo ripetuto:
  - N volte
- Al termine del ciclo
  - c=N
  - condizione falsa

# Cicli con iterazioni note



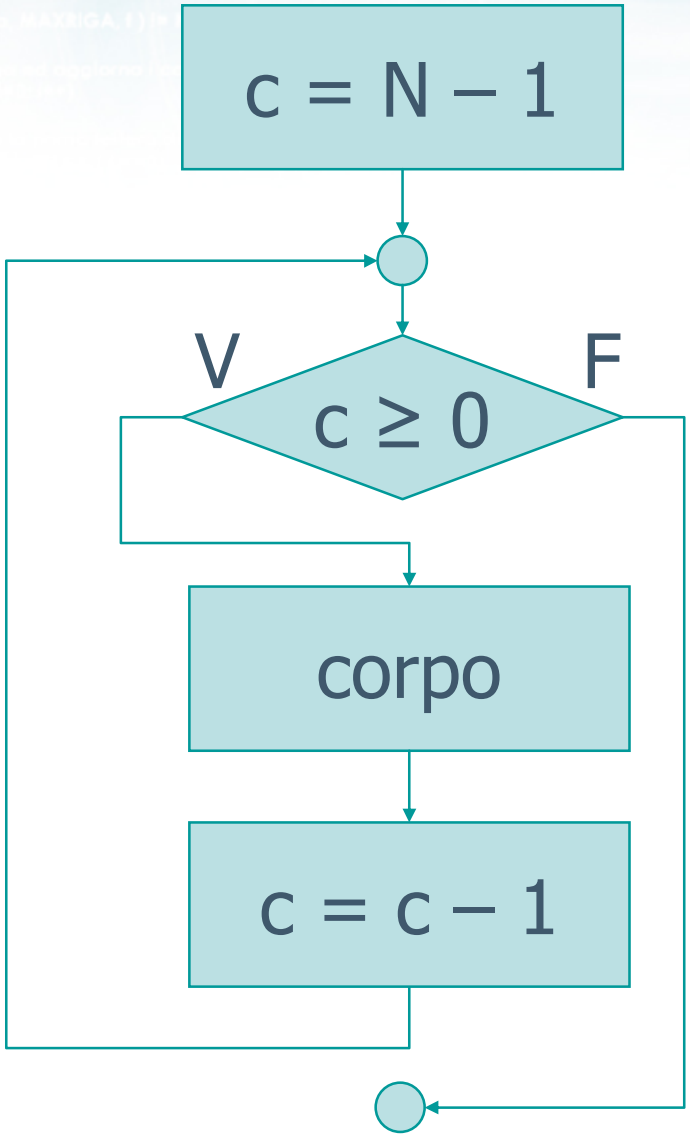

- Forma 1...N
- Prima iterazione:
  - c=1
- Ultima iterazione:
  - c=N
- Corpo ripetuto:
  - N volte
- Al termine del ciclo
  - c=N+1
  - condizione falsa

# Cicli con iterazioni note




- Forma N...1
- Prima iterazione:
  - c=N
- Ultima iterazione:
  - c=1
- Corpo ripetuto:
  - N volte
- Al termine del ciclo
  - c=0
  - condizione falsa

# Cicli con iterazioni note

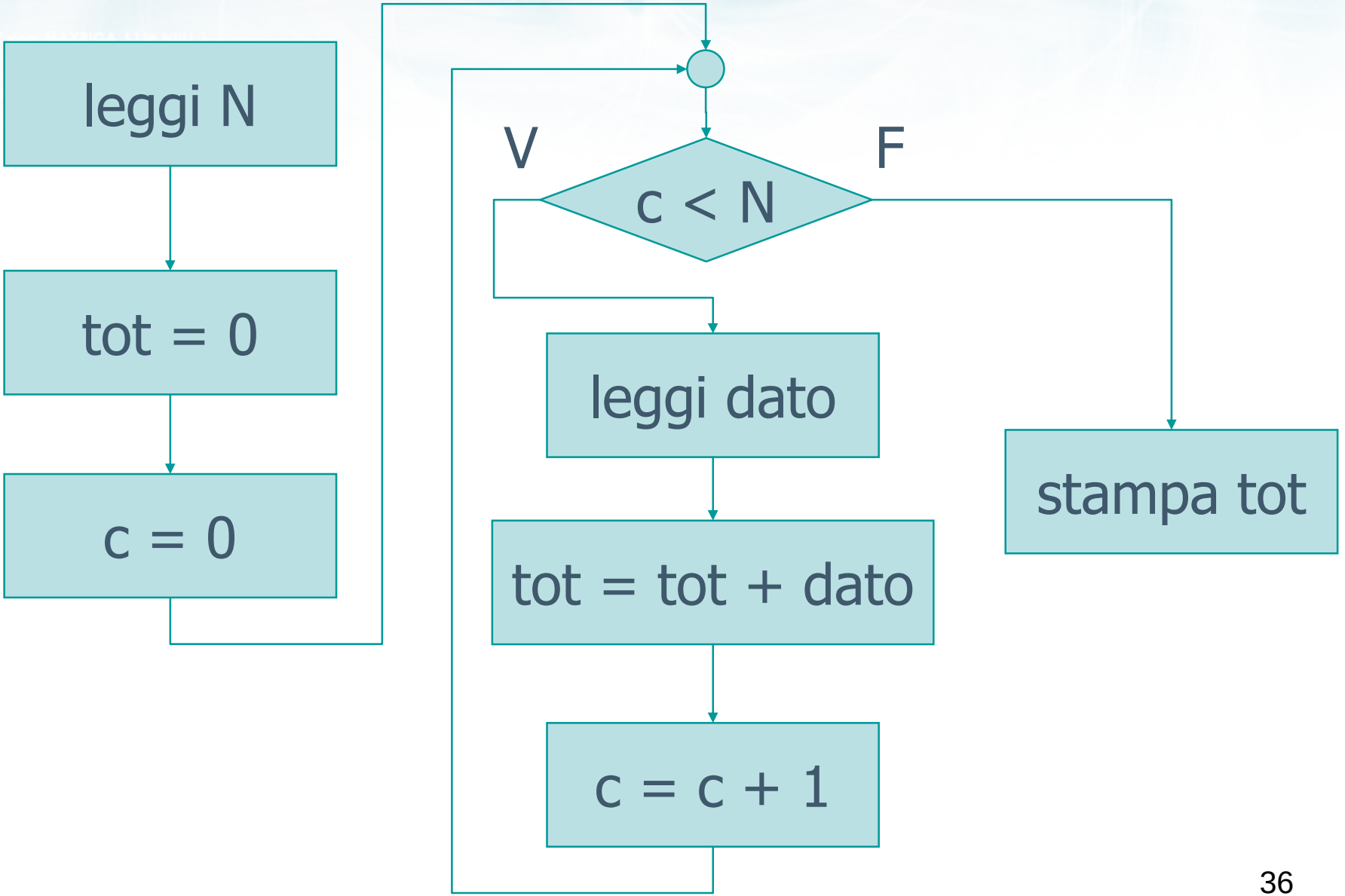



- Forma N-1...0
- Prima iterazione:
  - c=N-1
- Ultima iterazione:
  - c=0
- Corpo ripetuto:
  - N volte
- Al termine del ciclo
  - c=-1
  - condizione falsa

# Esempio

- Acquisire da tastiera una sequenza di numeri interi e stamparne la somma.
- Il programma
  - inizialmente chiede all'utente quanti numeri intende inserire
  - in seguito richiede uno ad uno i dati
  - infine stampa la somma

# Soluzione



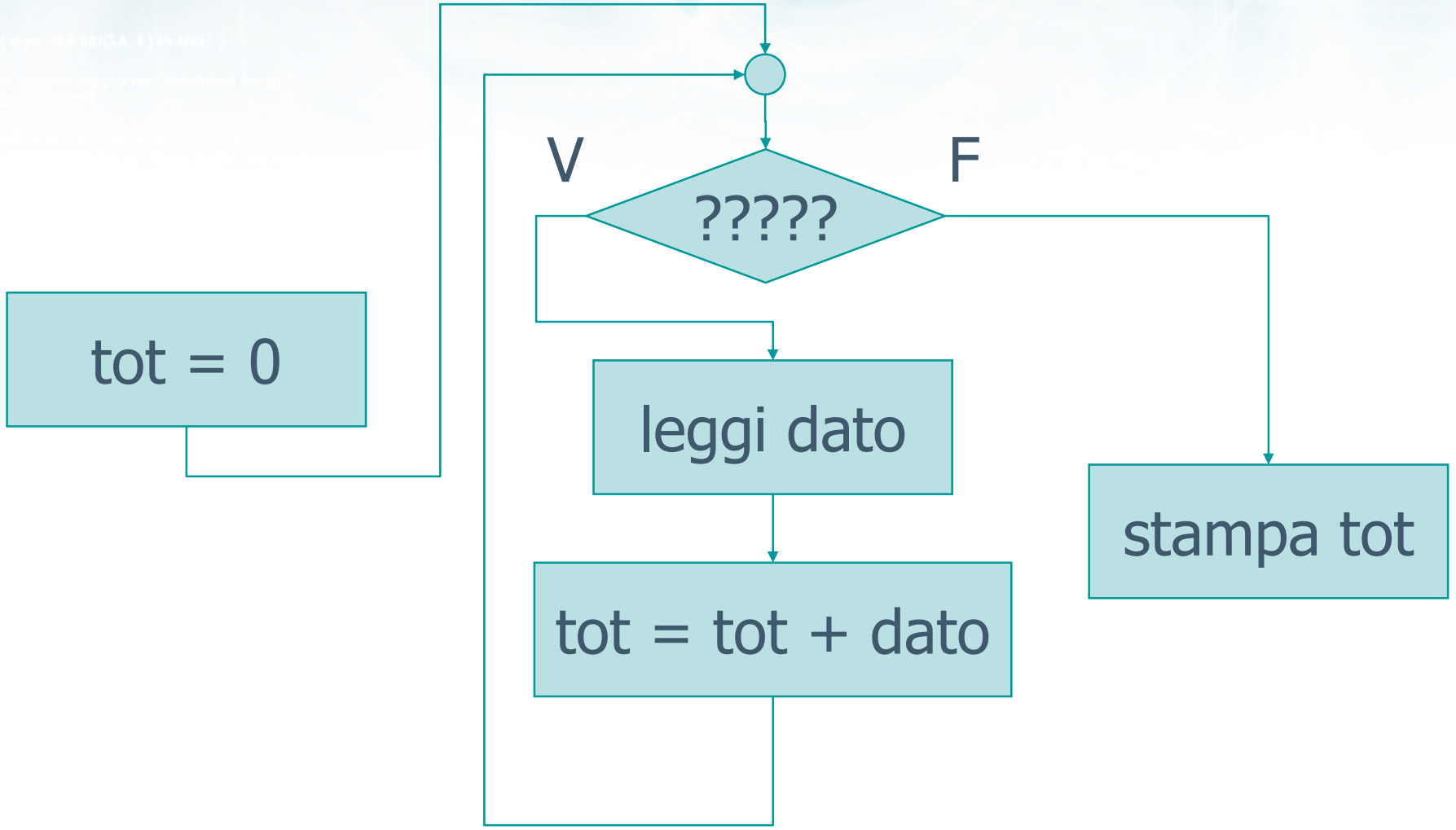

# La ripetizione

## Numero di iterazioni ignote

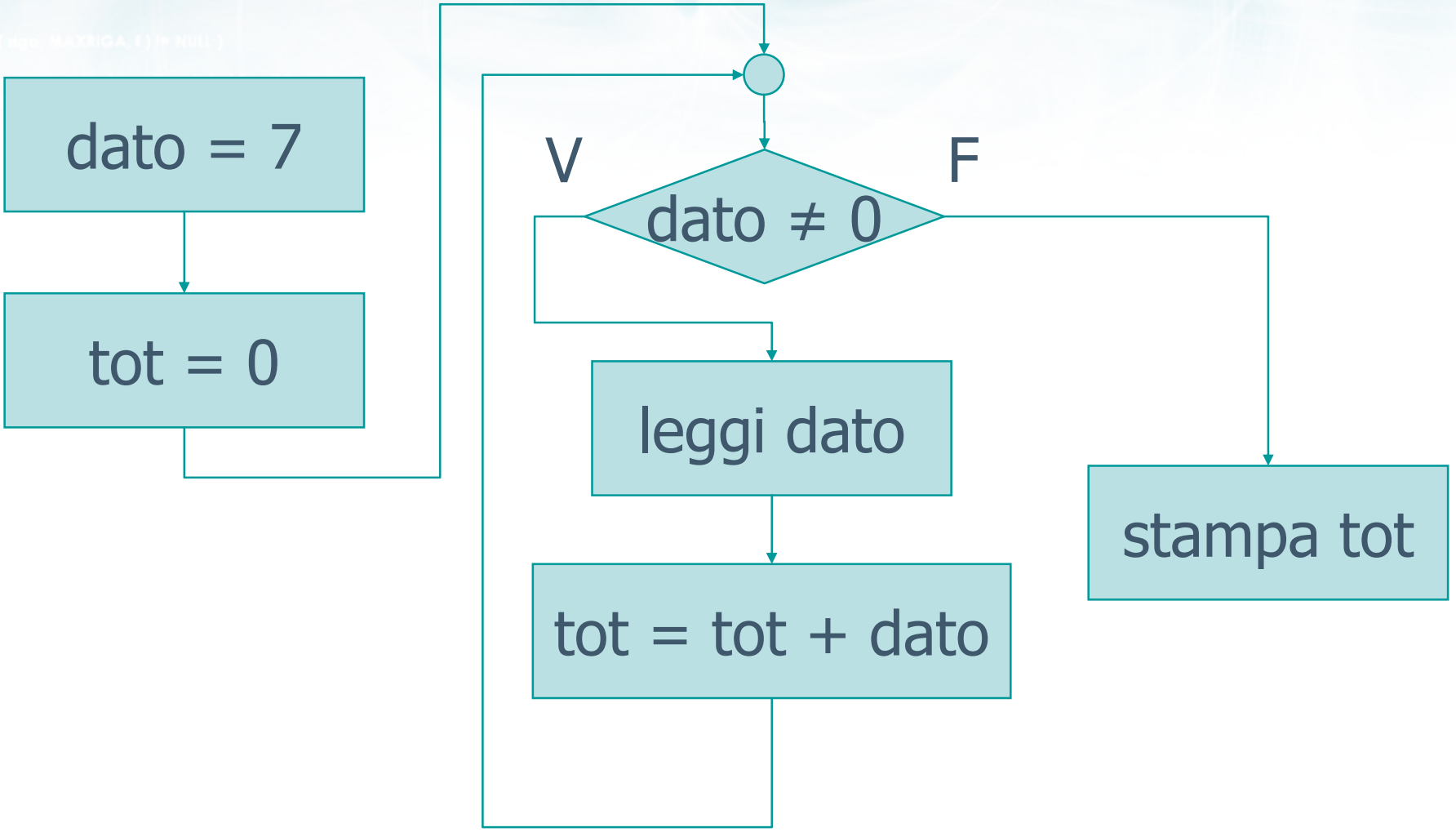
# Cicli con iterazioni ignote

- Non esiste uno schema generale
- Esempio:
  - Acquisire da tastiera una sequenza di numeri interi e stamparne la somma.
  - Il termine della sequenza viene indicato inserendo un dato pari a zero.

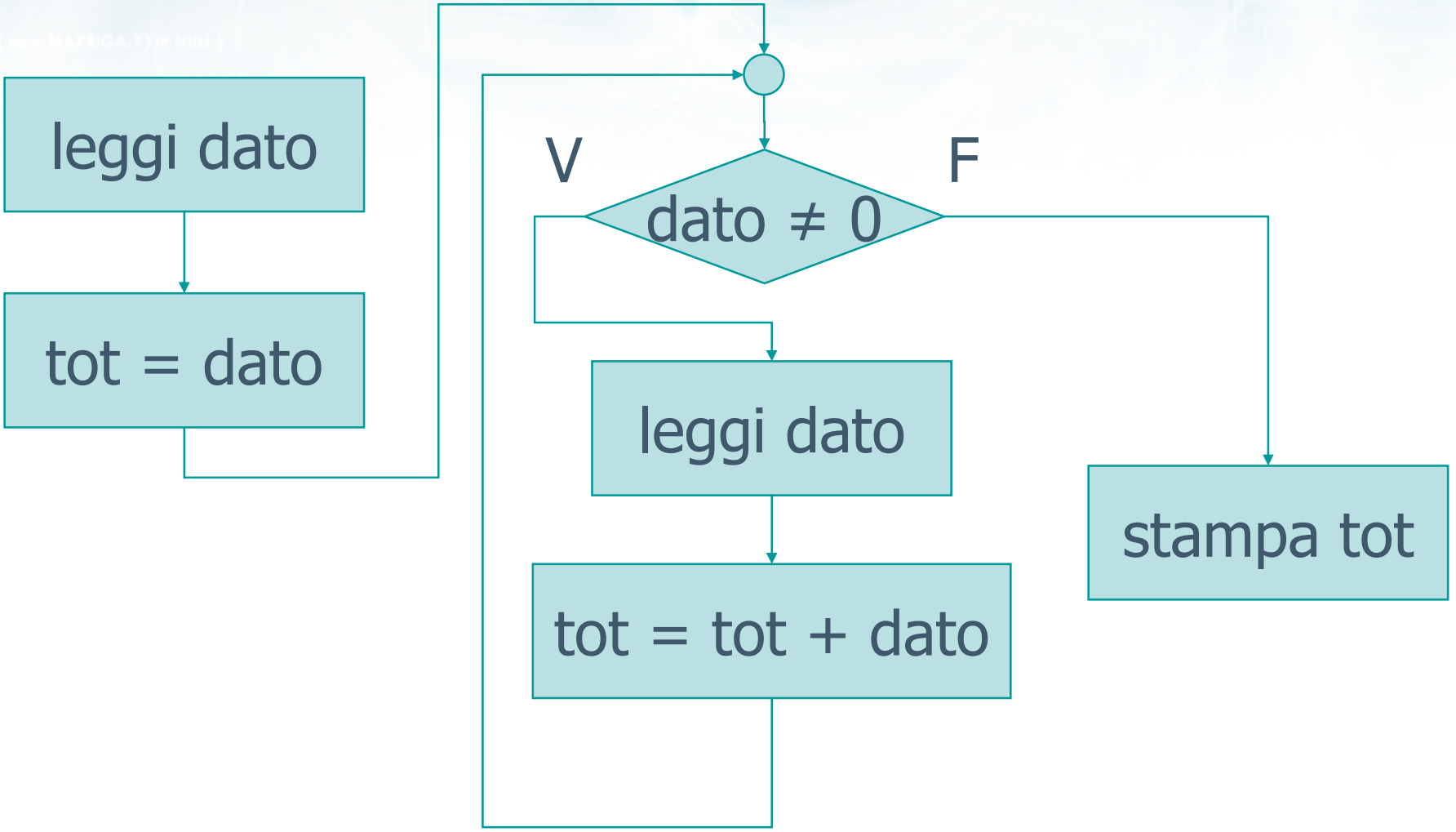
# Soluzione parziale



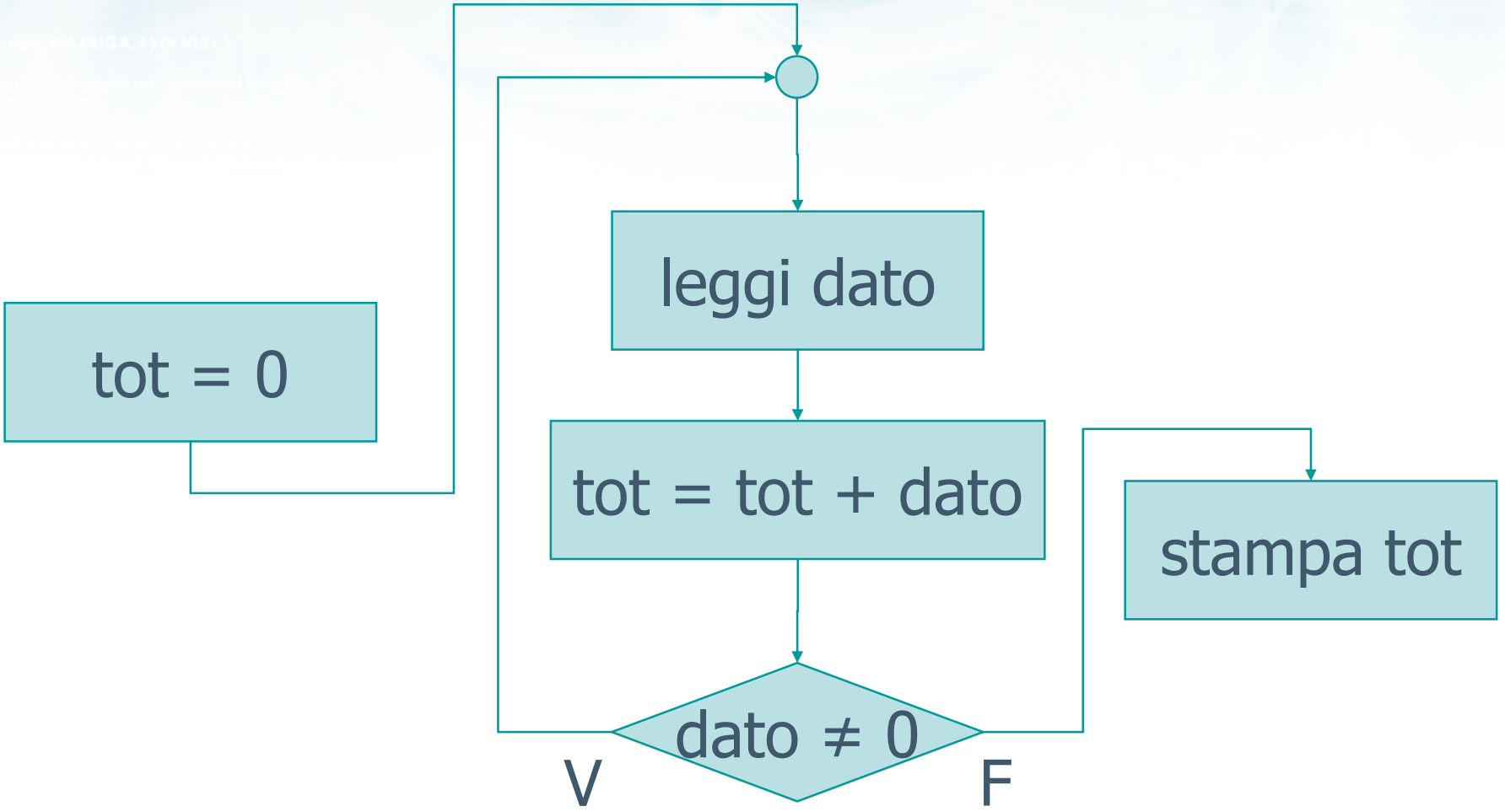
# Soluzione 1



# Soluzione 2

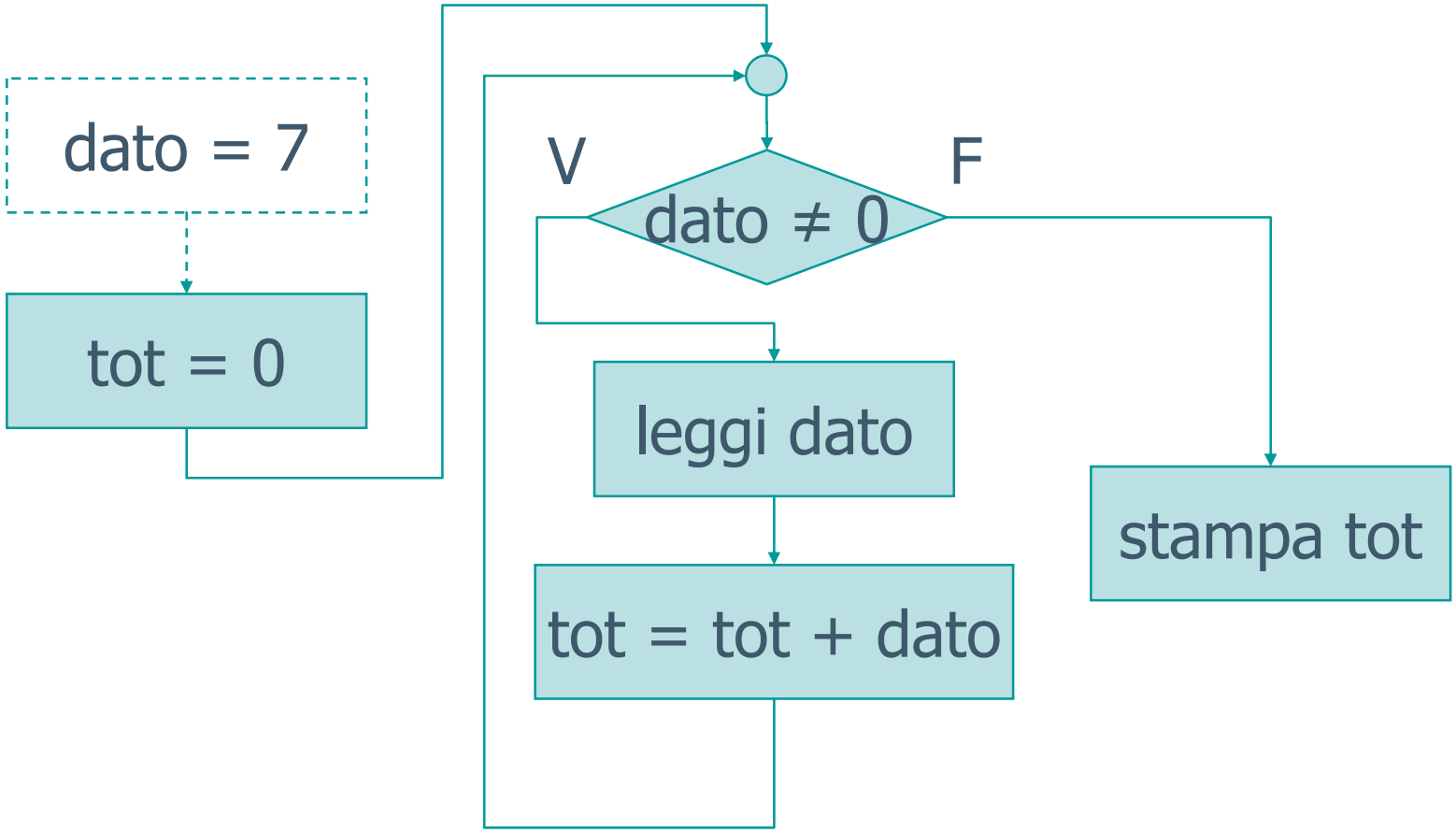

leggi dato
tot = dato
V
dato ≠ 0
F
leggi dato
tot = tot + dato
stampa tot

# Soluzione 3



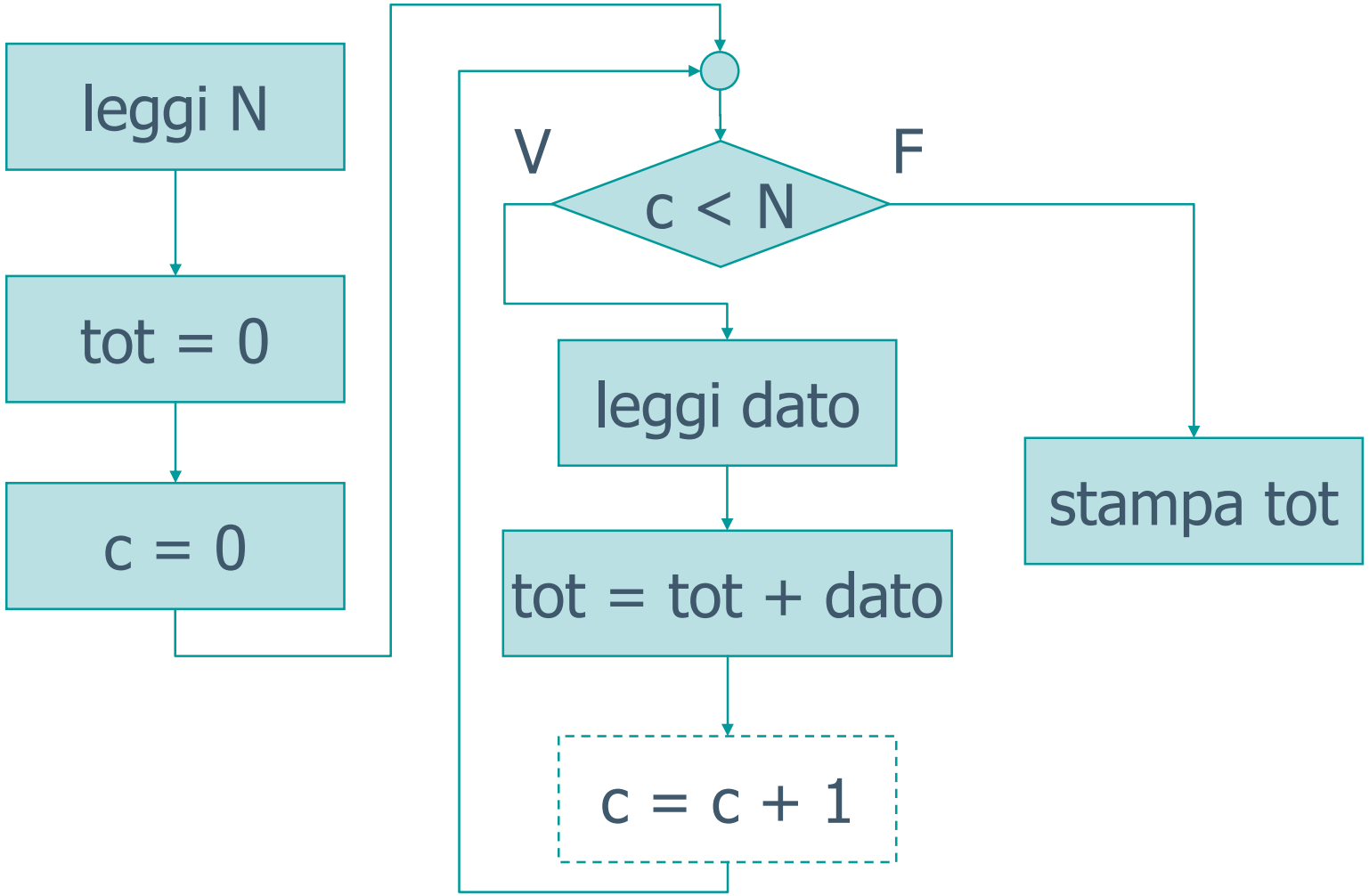

# Errore frequente

- Dimenticare l'inizializzazione di una variabile utilizzata all'interno del ciclo



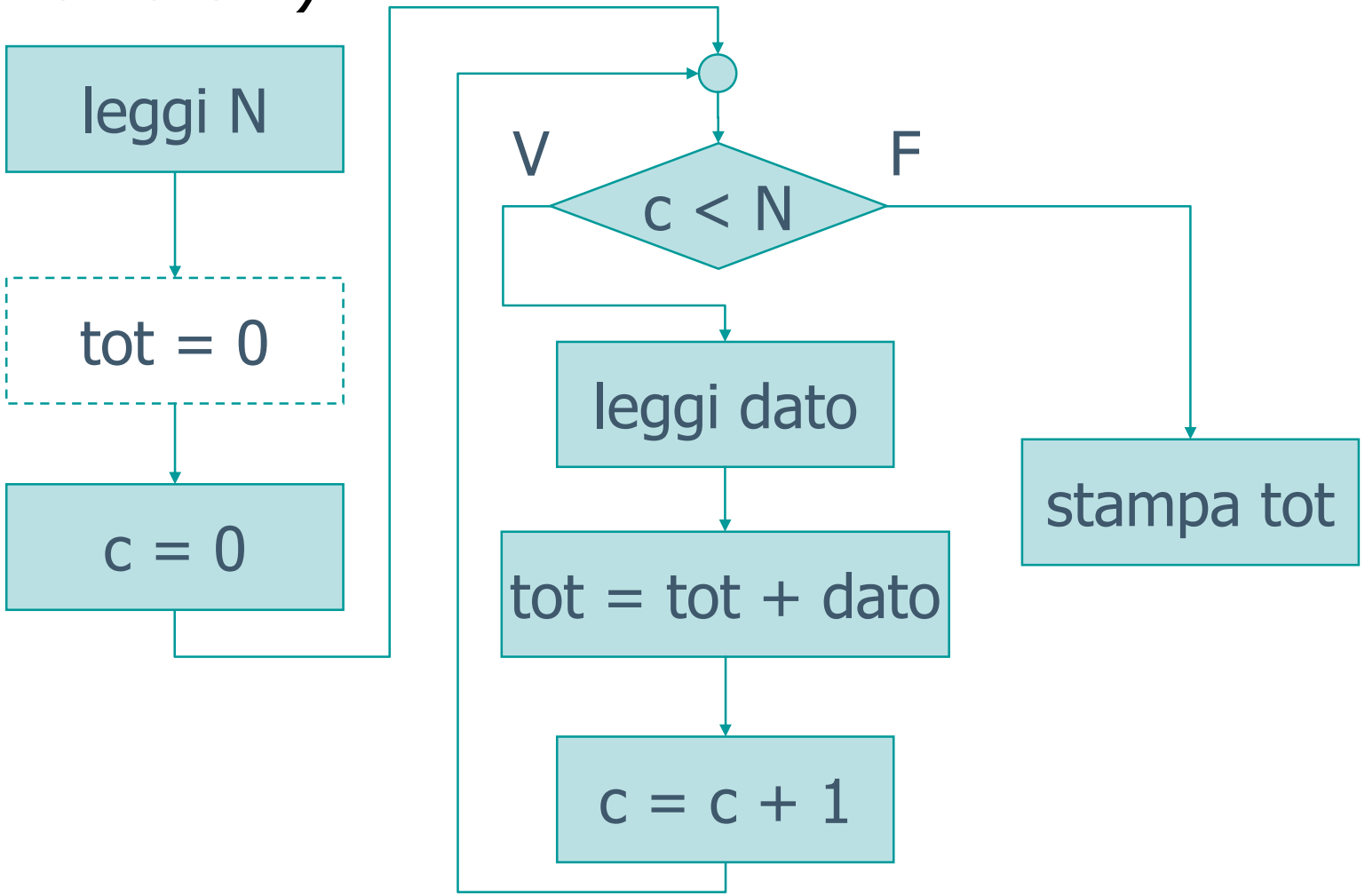

# Errore frequente

- Dimenticare l'incremento della variabile contatore




# Errore frequente

- Dimenticare di inizializzare le altre variabili (oltre al contatore)




# Cicli ed iterazioni

## Istruzione `while`

# Istruzione `while`

- Sintassi dell'istruzione
- Esercizio "Media aritmetica"
- Esecuzione del programma
- Cicli `while` annidati
- Esercizio "Quadrato"


# Istruzione `while`

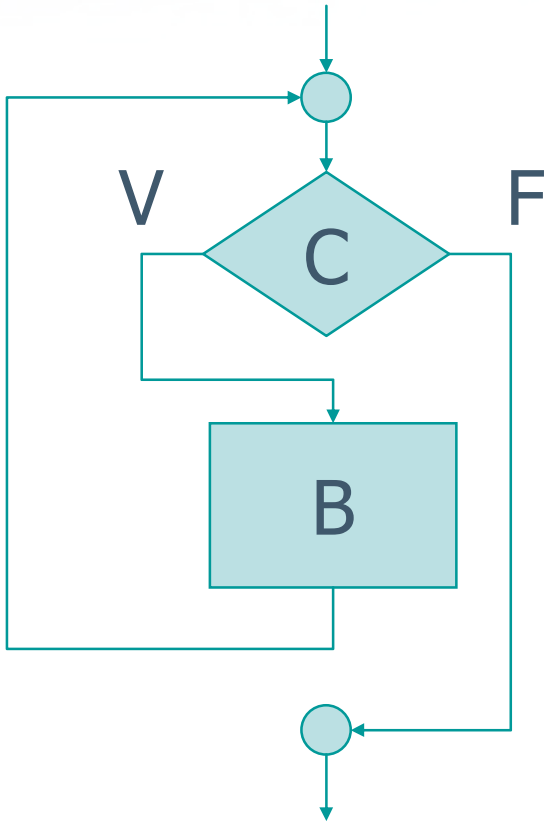
## Sintassi dell'istruzione

# Istruzioni di ripetizione in C

- Nel linguaggio C esistono tre distinte istruzioni di iterazione
  - `while`
  - `do-while`
  - `for`
- La forma più generale è l'istruzione di tipo `while`
- L'istruzione `do-while` si usa in taluni contesti (es. controllo errori di input)
- L'istruzione `for` è usatissima, soprattutto per numero di iterazioni noto

# Istruzione `while`

```
while ( C )
{
   B ;
}
```



# Comportamento del `while`

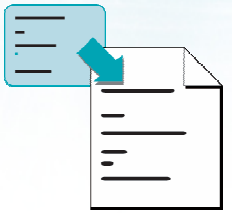
```
while ( C )
{
   B ;
}
```

1. Valuta la condizione C
2. Se C è falsa, salta completamente l'iterazione e vai all'istruzione che segue la }
3. Se C è vera, esegui una volta il blocco di istruzioni B
4. Al termine del blocco B, ritorna al punto 1. per rivalutare la condizione C

# Numero di iterazioni note

```
int i, N ;

i = 0 ;
while ( i < N )
{
   /* Corpo dell'iterazione */
   ...

   i = i + 1 ;
}
```

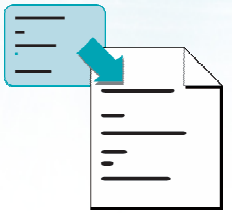
# Esempio



num1-10.c

```
int i ;

i = 1 ;
while ( i <= 10 )
{
   printf("Numero = %d\n", i) ;
   i = i + 1 ;
}
```

# Esempio



fatt.c

```
int i, n ;
float f ;
....  /* leggi n */  ....
i = 2 ;
f = 1.0 ;
while ( i <= n )
{
   f = f * i ;
   i = i + 1 ;
}
printf("Fattoriale di %d = %f\n",
   n, f);
```

# Particolarità

- Nel caso in cui il corpo del `while` sia composto di una sola istruzione, si possono omettere le parentesi graffe
  - Non succede quasi mai

```
while ( C )
{
   B ;
}
```

```
while ( C )
   B ;
```

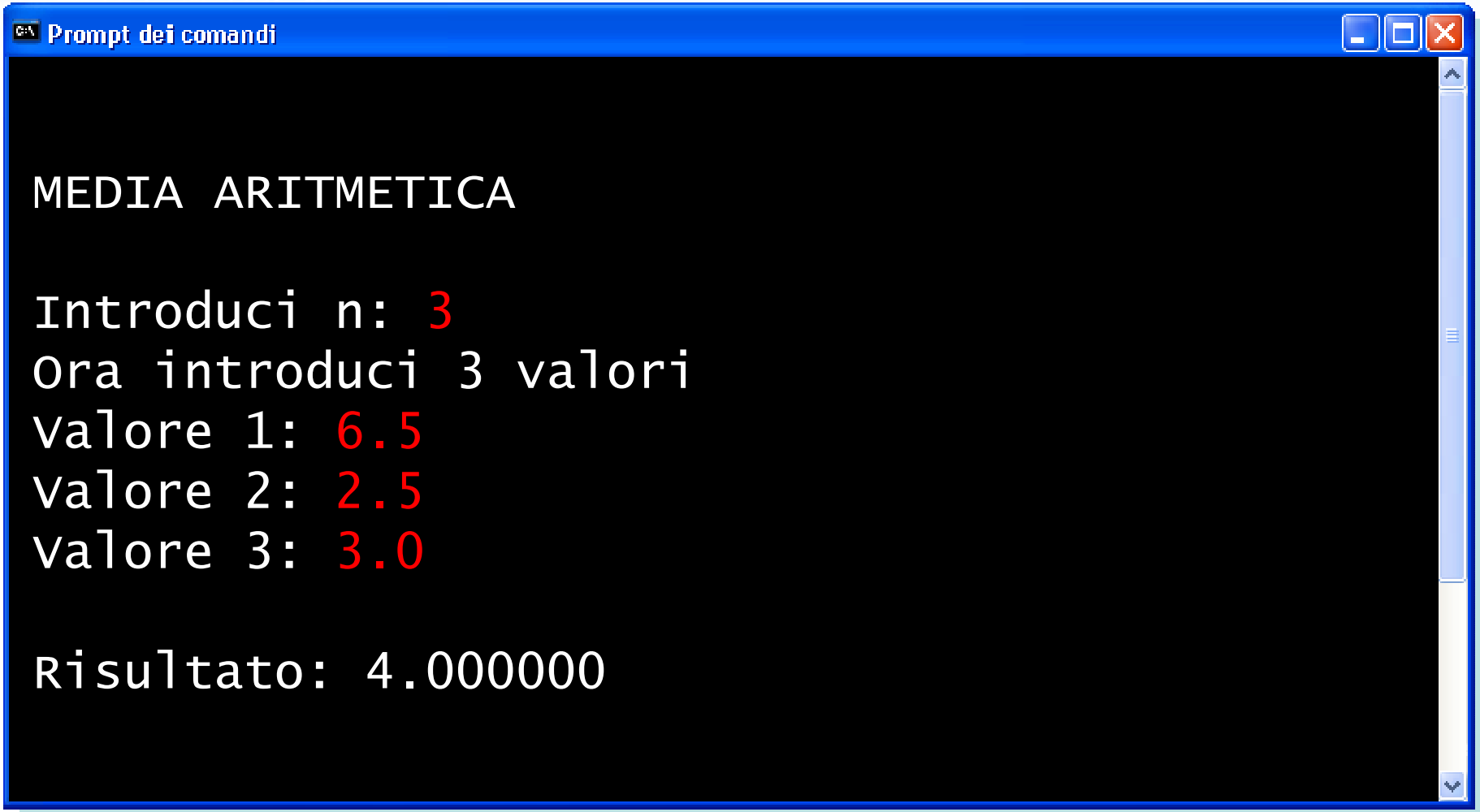

# Istruzione `while`

## Esercizio "Media aritmetica"

# Esercizio "Media aritmetica"

- Si realizzi un programma C in grado di
  - Leggere un numero naturale n
  - Leggere n numeri reali
  - Calcolare e visualizzare la media aritmetica di tali numeri
- Osservazione
  - Attenzione al caso in cui $n \leq 0$

# Analisi


Prompt dei comandi
MEDIA ARITMETICA
Introduci n: 3
Ora introduci 3 valori
Valore 1: 6.5
Valore 2: 2.5
Valore 3: 3.0
Risultato: 4.000000

# Algoritmo

- Acquisisci n
- Inizializza totale = 0
- Ripeti n volte
  - Acquisisci un dato
  - Somma il dato al totale dei dati acquisiti
- Calcola e stampa la media = totale / n

# Algoritmo

- Acquisisci n
- Se n>0
  - Inizializza totale = 0
  - Ripeti n volte
    - Acquisisci un dato
    - Somma il dato al totale dei dati acquisiti
  - Calcola e stampa la media = totale / n
- Altrimenti stampa messaggio di errore

# Traduzione in C (1/3)

media.c

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main(void)
{
    int i, n ;
    float dato ;
    float somma ;

    printf("MEDIA ARITMETICA\n");

    /* Leggi n */
    printf("Introduci n: ");
    scanf("%d", &n) ;
```

# Traduzione in C (2/3)


```
    /* Controlla la correttezza del valore n */

     if( n>0 )
     {
         /* n corretto... procedi! */
         ....vedi lucido seguente....
     }
     else
     {
         /* n errato in quanto e' n <= 0 */
         printf("Non ci sono dati da inserire\n");
         printf("Impossibile calcolare la media\n");
     }

} /* main */
```

# Traduzione in C (3/3)

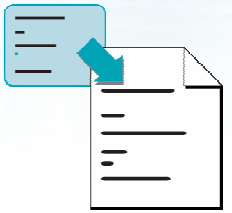
media.c

```
/* Leggi i valori e calcola la media */
printf("Ora immetti %d valori\n", n) ;

somma = 0.0 ;
i = 0 ;
while( i < n )
{
    printf("Valore %d: ", i+1) ;
    scanf("%f", &dato) ;

    somma = somma + dato ;

    i = i + 1 ;
}

printf("Risultato: %f\n", somma/n) ;
```


# Istruzione `while`

## Esecuzione del programma

# Verifica “Media aritmetica”



media.c

```
D:\home\mirror\CDROM\materiale\U3\C\media.exe
MEDIA ARITMETICA
Introduci n: 3
Ora immetti 3 valori
Valore 1: 6.5
Valore 2: 3.2
Valore 3: 1.3
Risultato: 3.666667
Premere un tasto per continuare . . .
```

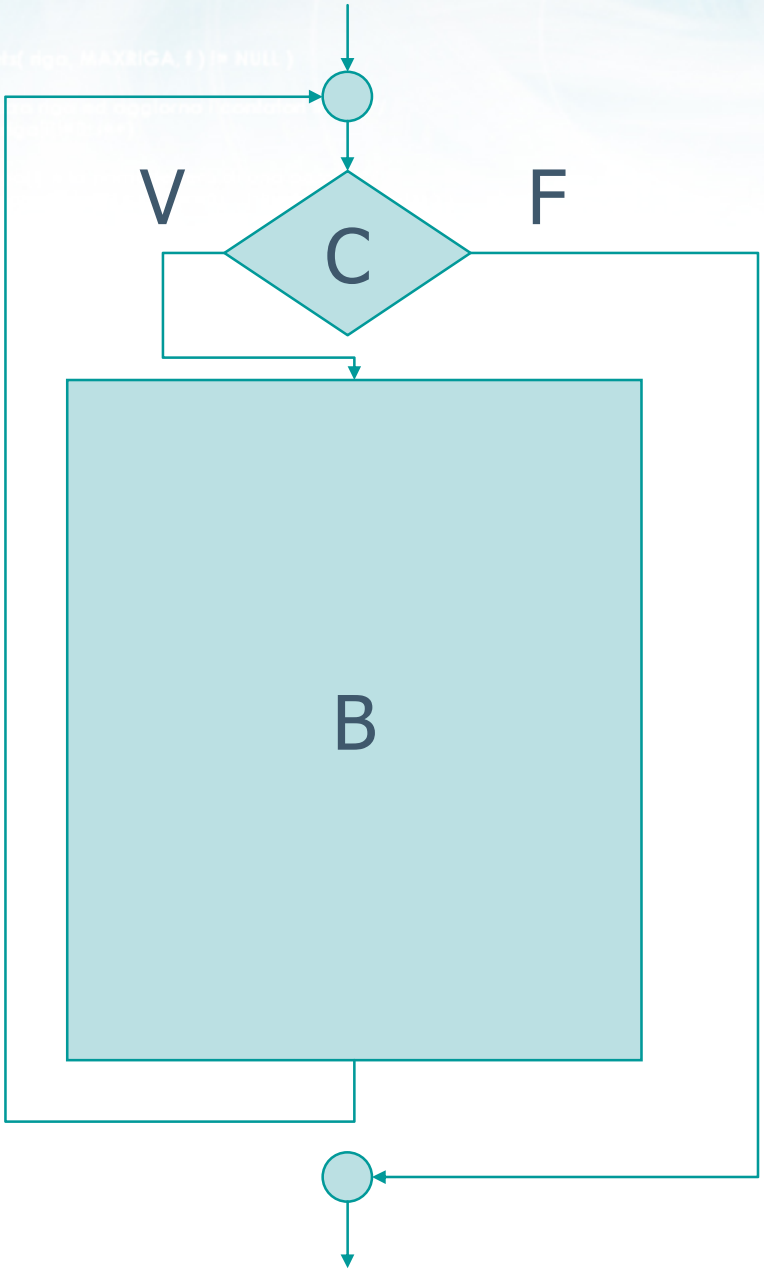

# Istruzione while

## Cicli while annidati

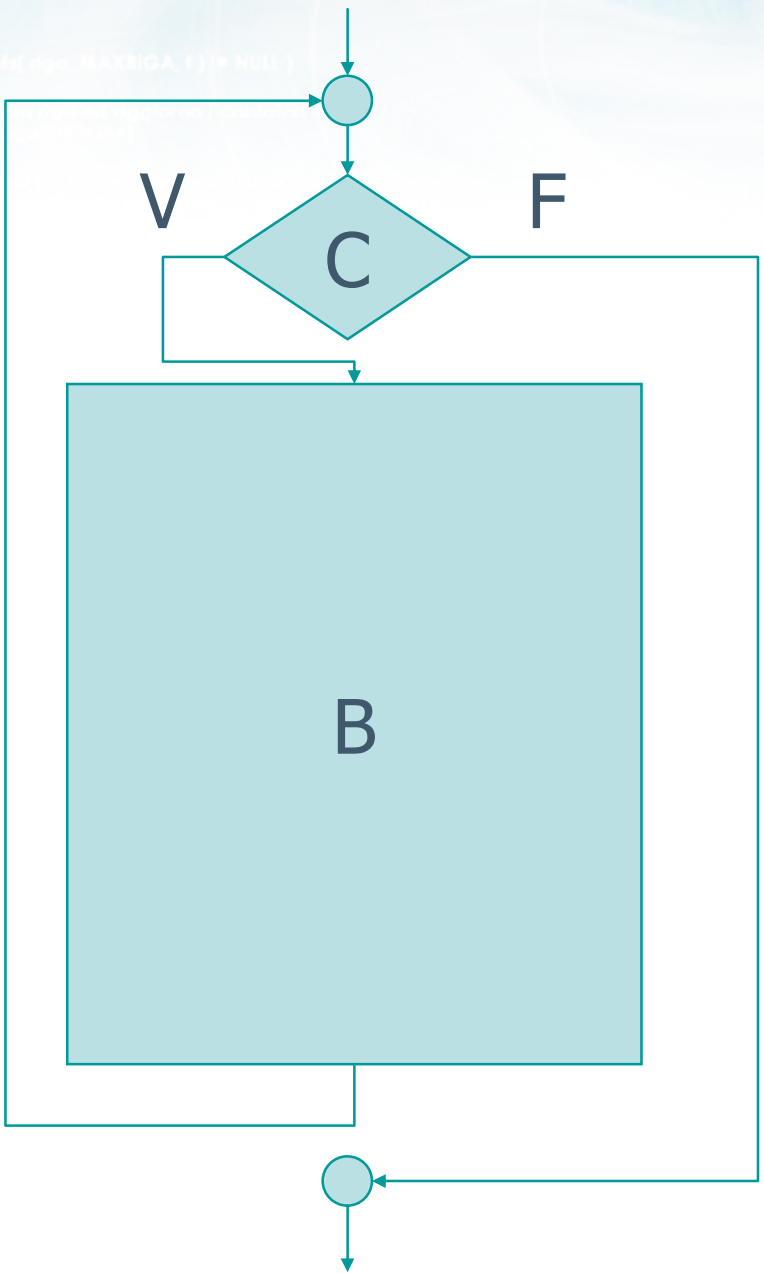
# Annidamento di cicli

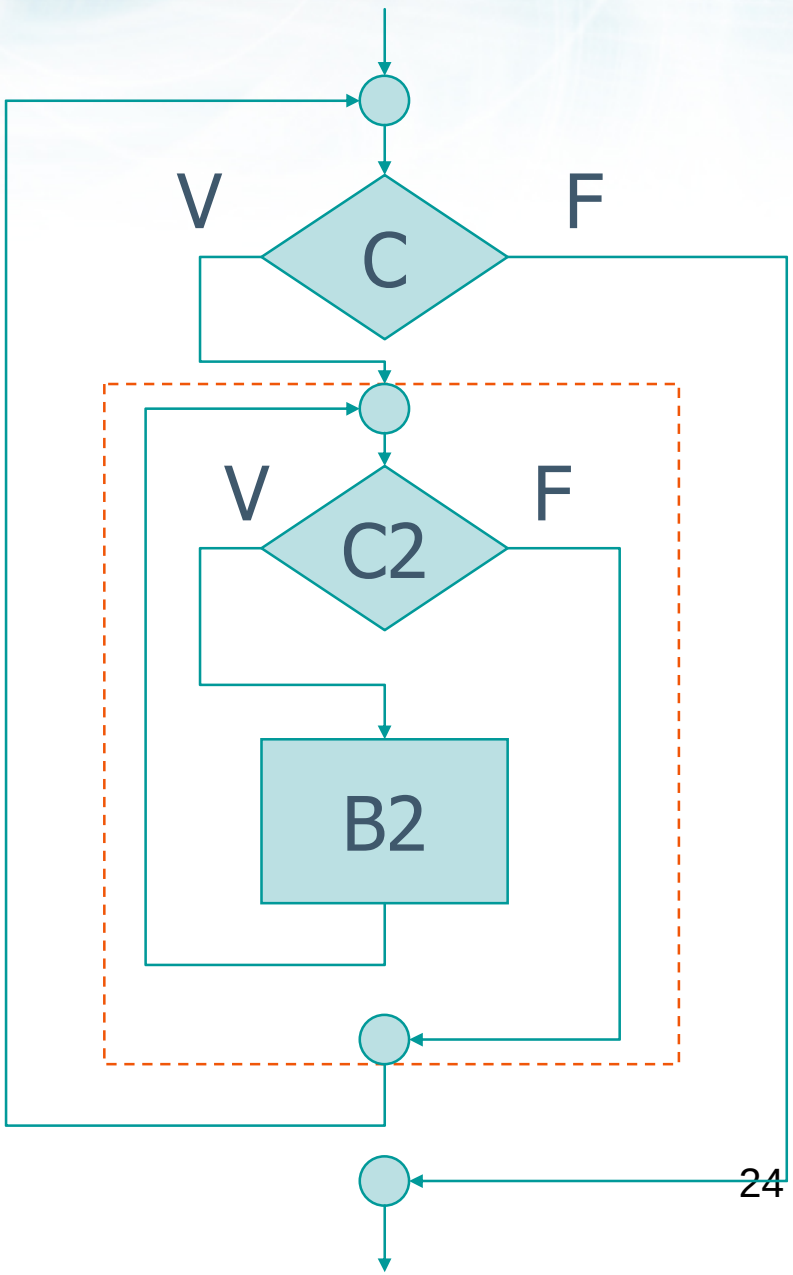
- All'interno del corpo del ciclo `while` è possibile racchiudere qualsiasi altra istruzione C
- In particolare, è possibile racchiudere un'istruzione `while` all'interno di un'altra istruzione `while`
- In tal caso, per ogni singola iterazione del ciclo `while` più esterno, vi saranno tutte le iterazioni previste per il ciclo più interno

# Cicli `while` annidati



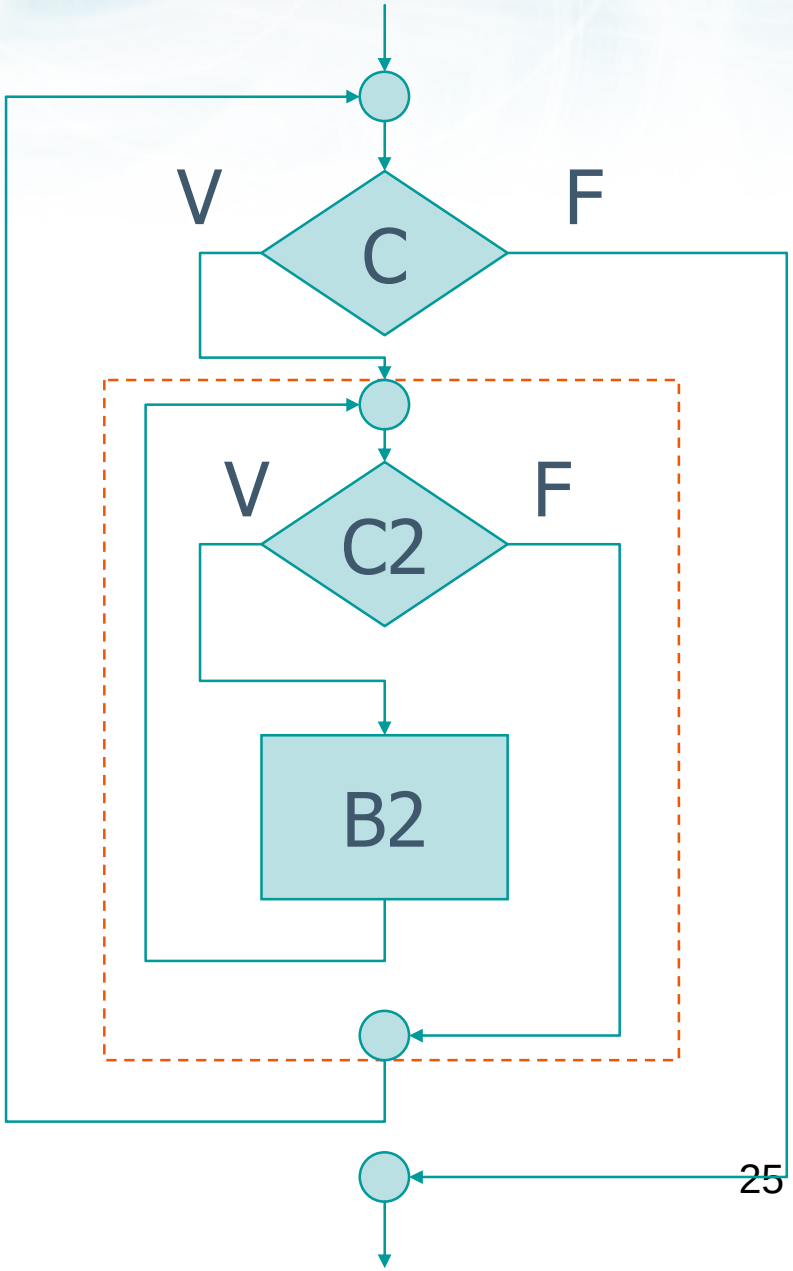
# Cicli `while` annidati



# Cicli `while` annidati

```
while( C )
{
    while( C2 )
    {
        B2 ;
    }
}
```



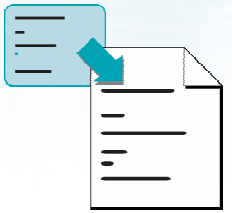
# Esempio

conta99.c

```
i = 0 ;
while( i<N )
{
    j = 0 ;
    while( j<N )
    {
        printf("i=%d - j=%d\n", i, j);

        j = j + 1 ;
    }

    i = i + 1 ;
}
```

# Esempio

```
i = 0 ;
while( i<N )
{
  j = 0 ;
  while( j<N )
  {
    printf("i=%d - j=%d\n", i, j);
    j = j + 1 ;
  }
  i = i + 1 ;
}
```



conta99.c

```
i=0 - j=0
i=0 - j=1
i=0 - j=2
i=1 - j=0
i=1 - j=1
i=1 - j=2
i=2 - j=0
i=2 - j=1
i=2 - j=2
```

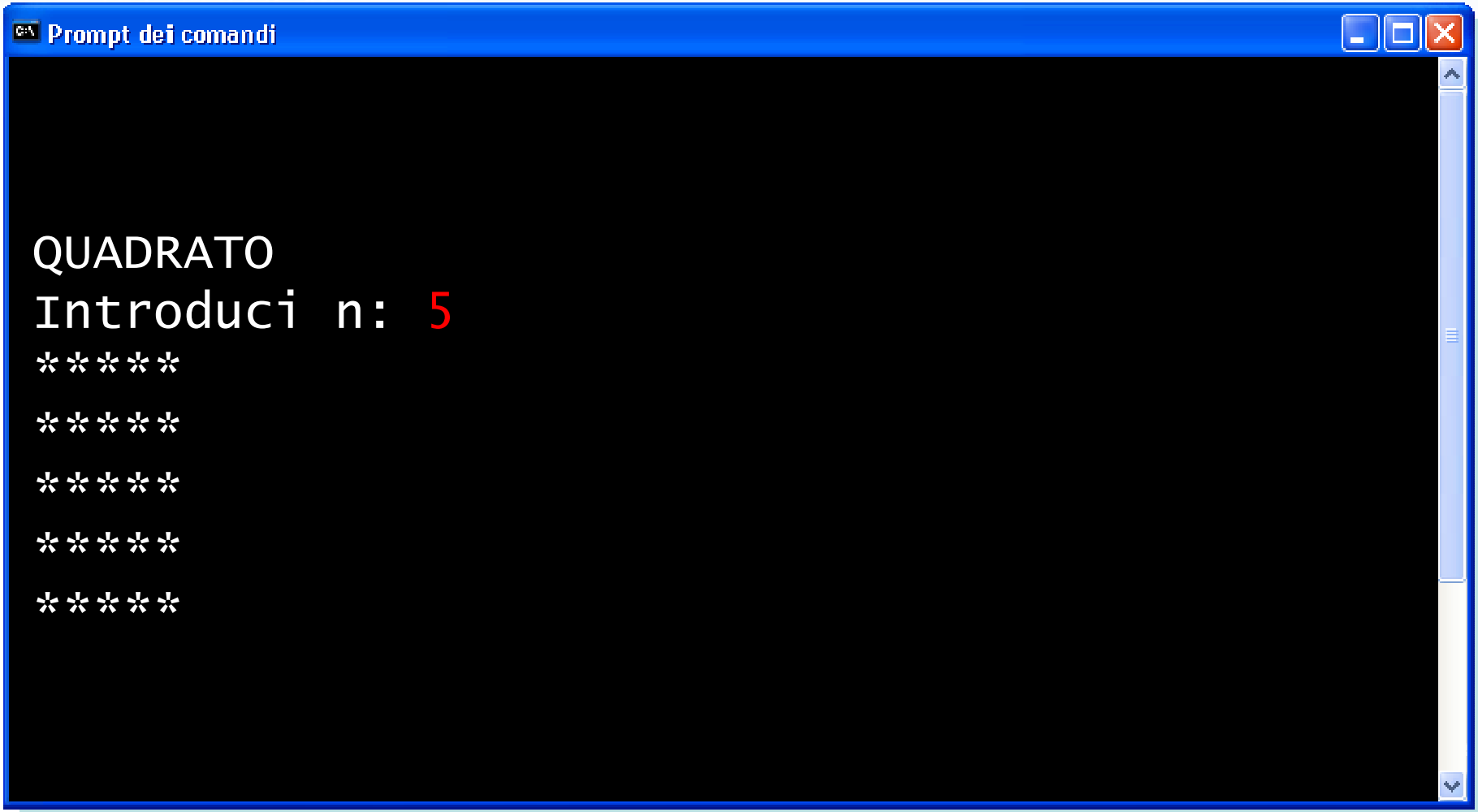

# Istruzione `while`

## Esercizio "Quadrato"

# Esercizio "Quadrato"

- Si realizzi un programma C in grado di
  - Leggere un numero naturale n
  - Visualizzare un quadrato di lato n costituito da asterischi

# Analisi



# Algoritmo

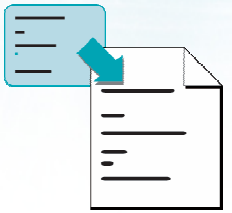
- Acquisisci n
- Ripeti n volte
  - Stampa una riga di n asterischi

# Algoritmo

- Acquisisci n
- Ripeti n volte
  - Stampa una riga di n asterischi

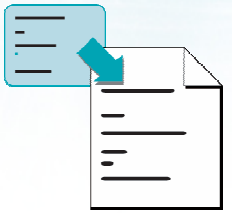
# Traduzione in C

```
i = 0 ;
while( i<n )
{
    j = 0 ;
    while( j<n )
    {
        printf("*") ;
        j = j + 1 ;
    }

    printf("\n");

    i = i + 1 ;
}
```



quadrato.c

# Traduzione in C



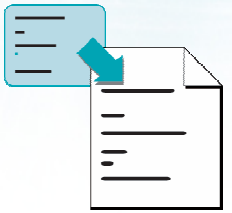
quadrato.c

```
i = 0 ;
while( i<n )
{
    j = 0 ;
    while( j<n )
    {
        printf("*") ;
        j = j + 1 ;
    }

    printf("\n");

    i = i + 1 ;
}
```

Ripeti n volte

Stampa una riga di n asterischi

# Traduzione in C



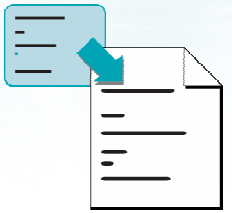
quadrato.c

```
i = 0 ;
while( i<n )
{
    j = 0 ;
    while( j<n )
    {
        printf("*") ;
        j = j + 1 ;
    }

    printf("\n");

    i = i + 1 ;
}
```

Stampa n asterischi

Vai a capo

# Traduzione in C



quadrato.c

```
i = 0 ;
while( i<n )
{
    j = 0 ;
    while( j<n )
    {
        printf("*") ;
        j = j + 1 ;
    }

    printf("\n");

    i = i + 1 ;
}
```

Ripeti n volte

Stampa un asterisco


# Cicli ed iterazioni

## Schemi ricorrenti nei cicli

# Schemi ricorrenti nei cicli

- Contatori
- Accumulatori
- Flag
- Esistenza e universalità


# Schemi ricorrenti nei cicli

## Contatori

# Contatori

- Spesso in un ciclo è utile sapere
  - Quante iterazioni sono state fatte
  - Quante iterazioni rimangono da fare
  - Quale numero di iterazione sia quella corrente
- Per questi scopi si usano delle "normali" variabili intere, dette **contatori**
  - Inizializzate prima del ciclo
  - Incrementate/decrementate ad ogni iterazione
  - Oppure incrementate/decrementate ogni volta che si riscontra una certa condizione

# Contatori

```
int i, N ;
...
i = 0 ;
while ( i < N )
{
   printf("Iterazione %d\n", i+1) ;
   i = i + 1 ;
}
```

# Esempio

- Scrivere un programma in C che
  - legga dall'utente 10 numeri interi
  - al termine dell'inserimento, stampi
    - quanti tra i numeri inseriti sono positivi
    - quanti tra i numeri inseriti sono negativi
    - quanti tra i numeri inseriti sono nulli

# Soluzione (1/3)

contaposneg.c

```
int npos, nneg, nzero ;

....

npos = 0 ;
nneg = 0 ;
nzero = 0 ;
```

# Soluzione (2/3)

contaposneg.c

```
i = 0 ;
while( i<n )
{
    printf("Inserisci dato %d: ", i+1);
    scanf("%d", &dato);

    if( dato>0 )
        npos = npos + 1 ;
    else if( dato<0 )
        nneg = nneg + 1 ;
    else
        nzero = nzero + 1 ;

    i = i + 1 ;
}
```

# Soluzione (3/3)

contaposneg.c

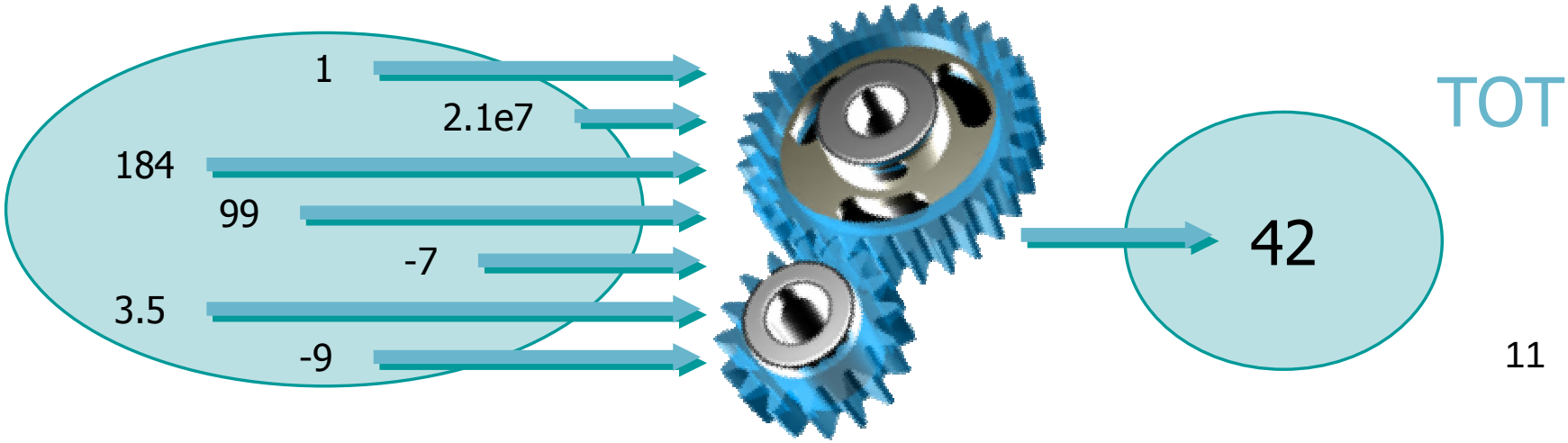
```
printf("Numeri positivi: %d\n", npos);
printf("Numeri negativi: %d\n", nneg);
printf("Numeri nulli: %d\n", nzero);
```


# Schemi ricorrenti nei cicli

## Accumulatori

# Accumulatori (1/2)

- Spesso in un ciclo occorre calcolare un valore TOT che dipende dall'insieme dei valori analizzati nelle singole iterazioni
- Esempi:
  - TOT = sommatoria dei dati analizzati
  - TOT = produttoria dei dati analizzati
  - TOT = massimo, minimo dei dati analizzati



# Accumulatori (2/2)

- In questo caso si usano delle variabili (intere o reali) dette **accumulatori**
  - Inizializzare TOT al valore che dovrebbe avere in assenza di dati (come se fosse n=0)
  - Ad ogni iterazione, aggiornare TOT tenendo conto del dato appena analizzato
  - Al termine del ciclo, TOT avrà il valore desiderato

# Esempio: somma primi 10 interi

- Si scriva un programma in C che stampi il valore della somma dei primi 10 numeri interi

# Analisi

- Inizializzazione di TOT
  - Qual è la somma dei primi 0 numeri interi?
    - TOT = 0
- Aggiornamento di TOT
  - Sapendo che TOT è la somma dei primi (i-1) numeri interi, e sapendo che il prossimo numero intero da sommare vale i, quanto dovrà valere TOT?
    - TOT = TOT + i

# Soluzione: somma primi 10 interi

```
int tot ;

i = 1 ;
tot = 0 ;
while( i<=10 )
{
    tot = tot + i ;

    i = i + 1 ;
}

printf("La somma dei numeri da 1 a 10 ");
printf("vale %d\n", tot) ;
```

# Esempio: fattoriale di K

- Si scriva un programma in C che, dato un numero intero K, calcoli e stampi il fattoriale di K
- TOT = K!

$$TOT = K! = \prod_{i=1}^{i=K} i$$

# Analisi

- Inizializzazione di TOT
  - Qual è il valore del fattoriale per K=0?
    - TOT = 1.0
- Aggiornamento di TOT
  - Sapendo che TOT è pari al fattoriale di i-1, e sapendo che il prossimo numero da considerare è i, quanto dovrà valere TOT?
    - TOT = TOT * i

# Soluzione: fattoriale di K

```
float tot ;

i = 1 ;
tot = 1.0 ;
while( i<=K )
{
    tot = tot * i ;

    i = i + 1 ;
}

printf("Il fattoriale di %d ", K);
printf("vale %f\n", tot) ;
```

# Esempio: massimo

- Si scriva un programma in C che
  - acquisisca da tastiera N numeri reali
  - stampi il valore massimo tra i numeri acquisiti

# Analisi

- Inizializzazione di TOT
  - Qual è il valore del massimo in un insieme di 0 numeri?
    - Non esiste, non è definito!
    - TOT = numero molto piccolo, che non possa certamente essere scambiato con il massimo
- Aggiornamento di TOT
  - Sapendo che TOT è pari al massimo dei primi i-1 dati, e sapendo che il prossimo dato da considerare è d, quanto dovrà valere TOT?
    - Se d<=TOT, allora TOT rimane il massimo
    - Se d>TOT, allora il nuovo massimo sarà TOT=d

# Esempio: massimo

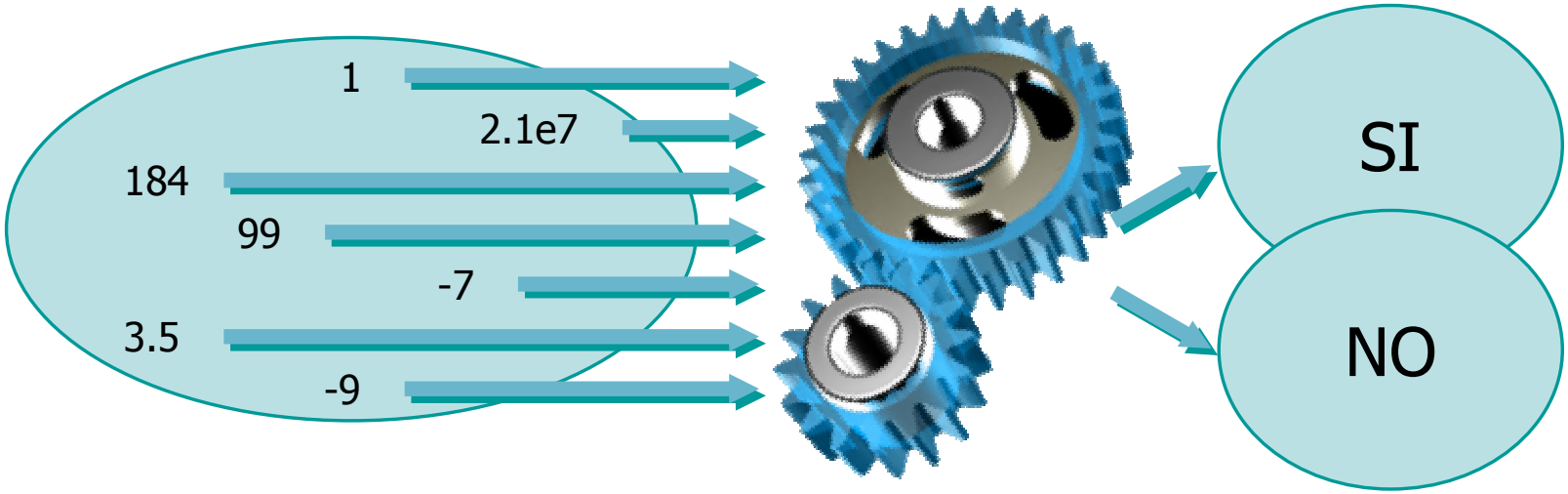
```
int max ;

i = 0 ;
max = INT_MIN ;
while( i<N )
{
    scanf("%d", &dato) ;
    if(dato>max)
        max = dato ;

    i = i + 1 ;
}

printf("Massimo = %d\n", max);
```


# Schemi ricorrenti nei cicli

## Flag

# Flag, indicatori, variabili logiche

- Spesso occorre analizzare una serie di dati per determinare se si verifica una certa condizione
- Esempi:
  - Tra i dati inseriti esiste il numero 100?
  - Esistono due numeri consecutivi uguali?



# Problemi

- Nel momento in cui si “scopre” il fatto, non si può interrompere l’elaborazione ma occorre comunque terminare il ciclo
- Al termine del ciclo, come fare a “ricordarsi” se si era “scoperto” il fatto o no?

# Una possibile soluzione

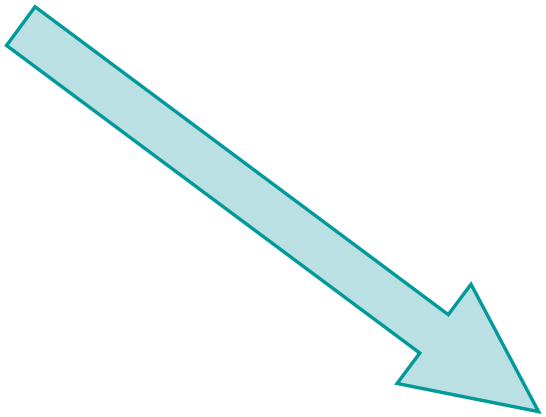
- Per sapere
  - Se una certa condizione si verifica

    è possibile contare
  - Quante volte quella condizione si verifica

    ed in seguito verificare
  - Verificare se il conteggio è diverso da zero
- Ci riconduciamo ad un problema risolubile per mezzo di una variabile contatore

# Esempio 1

Tra i dati inseriti esiste il numero 100?



Conta quante volte tra i dati inseriti compare il numero 100

Il conteggio è > 0 ?

# Soluzione (1/3)

trova100v1.c

```
int i, n ;
int dato ;
int conta ;
/* conta il numero di "100" letti */

printf("TROVA 100\n");

n = 10 ;

printf("Inserisci %d numeri\n", n);
```

# Soluzione (2/3)

trova100v1.c

```
conta = 0 ;

i = 0 ;
while( i<n )
{
    printf("Inserisci dato %d: ", i+1);
    scanf("%d", &dato);

    if( dato == 100 )
        conta = conta + 1 ;

    i = i + 1 ;
}
```

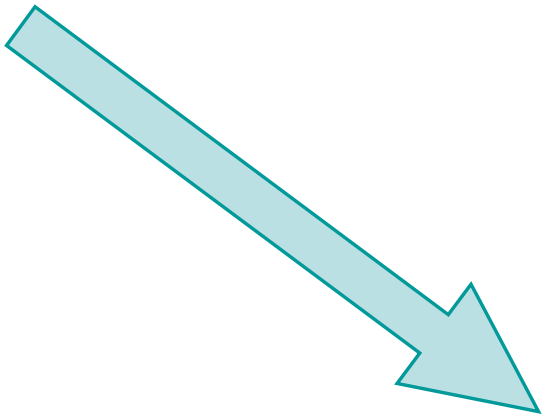
# Soluzione (3/3)

trova100v1.c

```
if( conta != 0 )
    printf("Ho trovato il 100\n");
else
    printf("NON ho trovato il 100\n");
```

# Esempio 2

Esistono due numeri consecutivi uguali?



Conta quante volte due numeri consecutivi sono uguali

Il conteggio è > 0 ?

# Soluzione (1/3)

ugualiv1.c

```
    int i, n ;
    int dato ;
    int precedente ;
    int conta ;
/* conta il numero di "doppioni" trovati */

    printf("TROVA UGUALI\n");

    n = 10 ;

    printf("Inserisci %d interi\n", n);
```

# Soluzione (2/3)

ugualiv1.c

```
conta = 0 ;

precedente = INT_MAX ;
/* ipotesi: l'utente non lo inserira' mai */

i = 0 ;
while( i<n )
{
    printf("Inserisci dato %d: ", i+1);
    scanf("%d", &dato);

    if( dato == precedente )
        conta = conta + 1 ;

    precedente = dato ;

    i = i + 1 ;
}
```

# Soluzione (3/3)

ugualiv1.c

```
if( conta != 0 )
    printf("Ho trovato dei numeri
            consecutivi uguali\n");
else
    printf("NON ho trovato dei numeri
            consecutivi uguali\n");
```

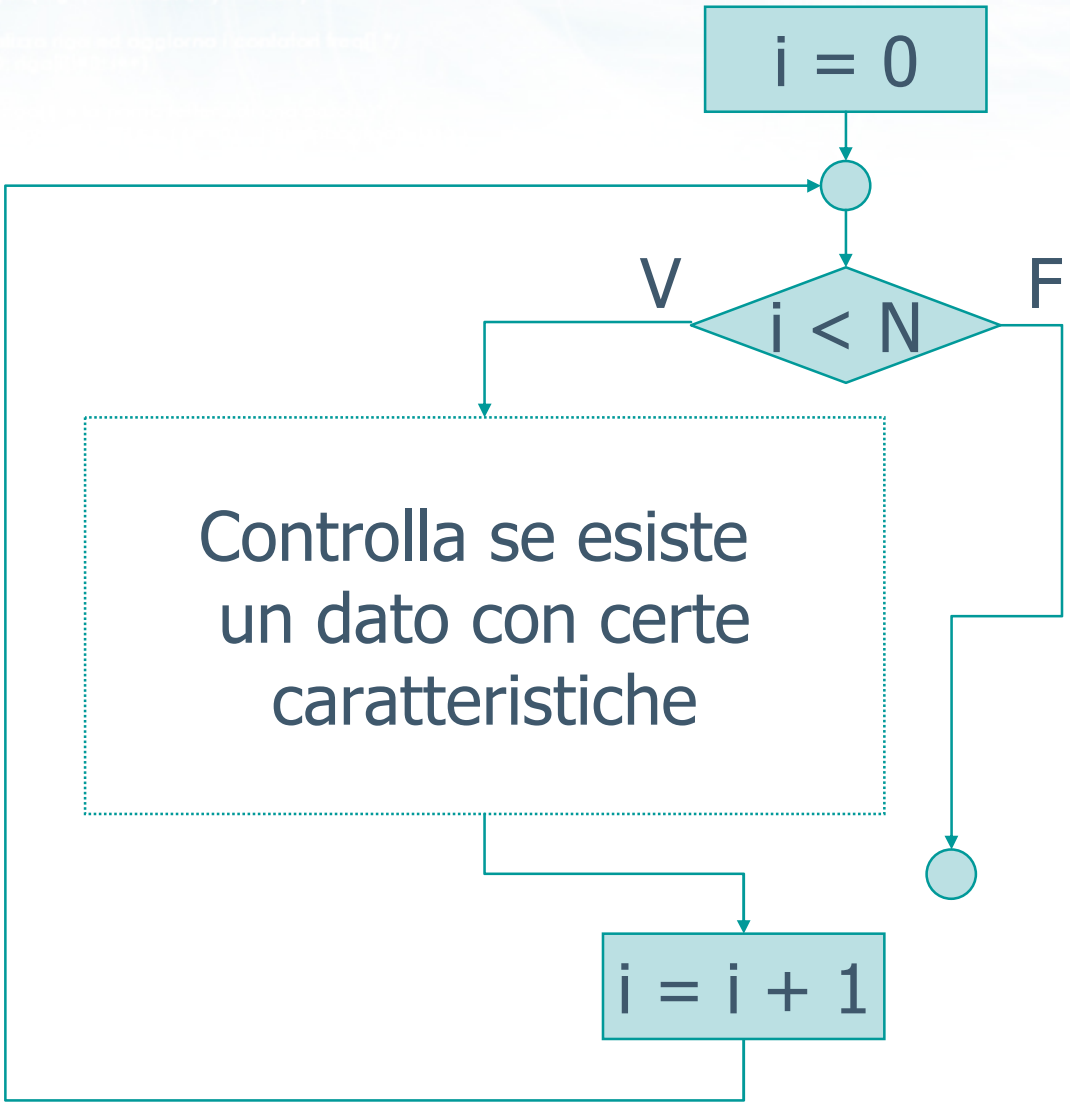
# Svantaggi

- Il contatore determina quante volte si verifica la condizione ricercata
- In realtà non mi serve sapere quante volte, ma solo se si è verificata almeno una volta
- Usiamo un contatore “degenere”, che una volta arrivato ad 1 non si incrementa più

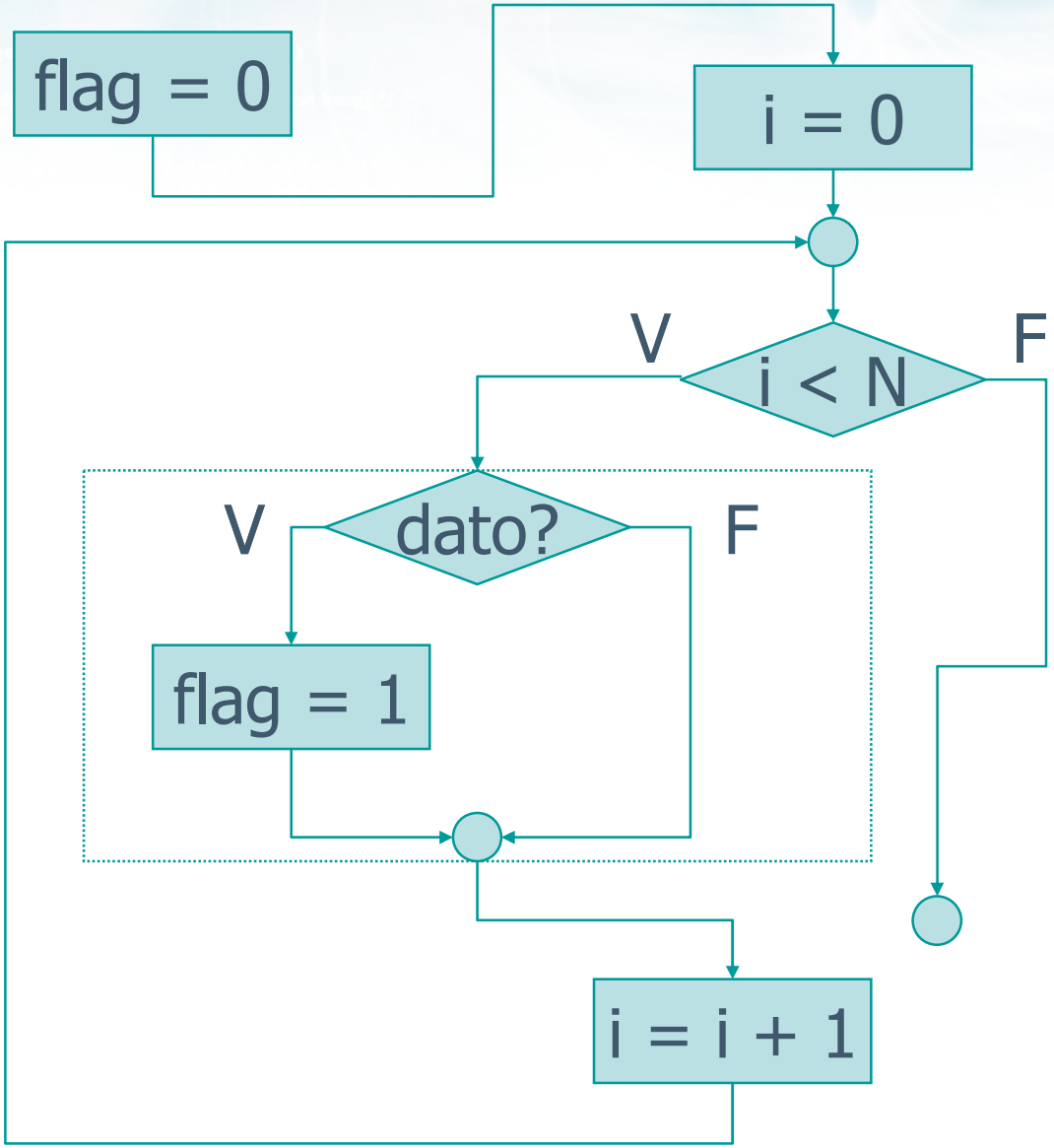
# Variabili "flag"

- Variabili intere che possono assumere solo due valori
  - Variabile = 0 $\Rightarrow$ la condizione non si è verificata
  - Variabile = 1 $\Rightarrow$ la condizione si è verificata
- Viene inizializzata a 0 prima del ciclo
- Se la condizione si verifica all'interno del ciclo, viene posta a 1
- Al termine del ciclo si verifica il valore
- Sinonimi: Flag, Variabile logica, Variabile booleana, Indicatore

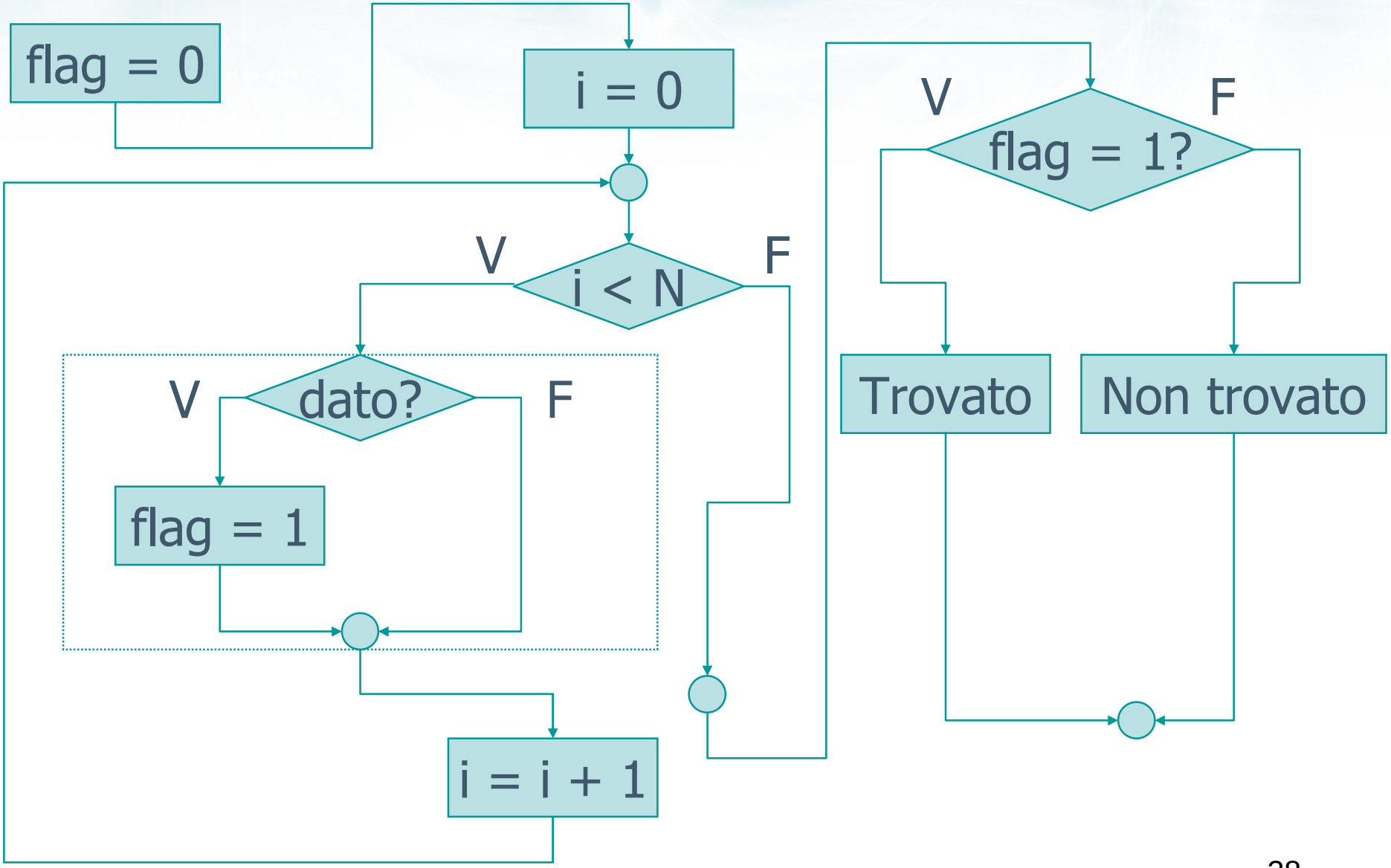
# Analisi


i = 0
V
i < N
F
Controlla se esiste un dato con certe caratteristiche
i = i + 1

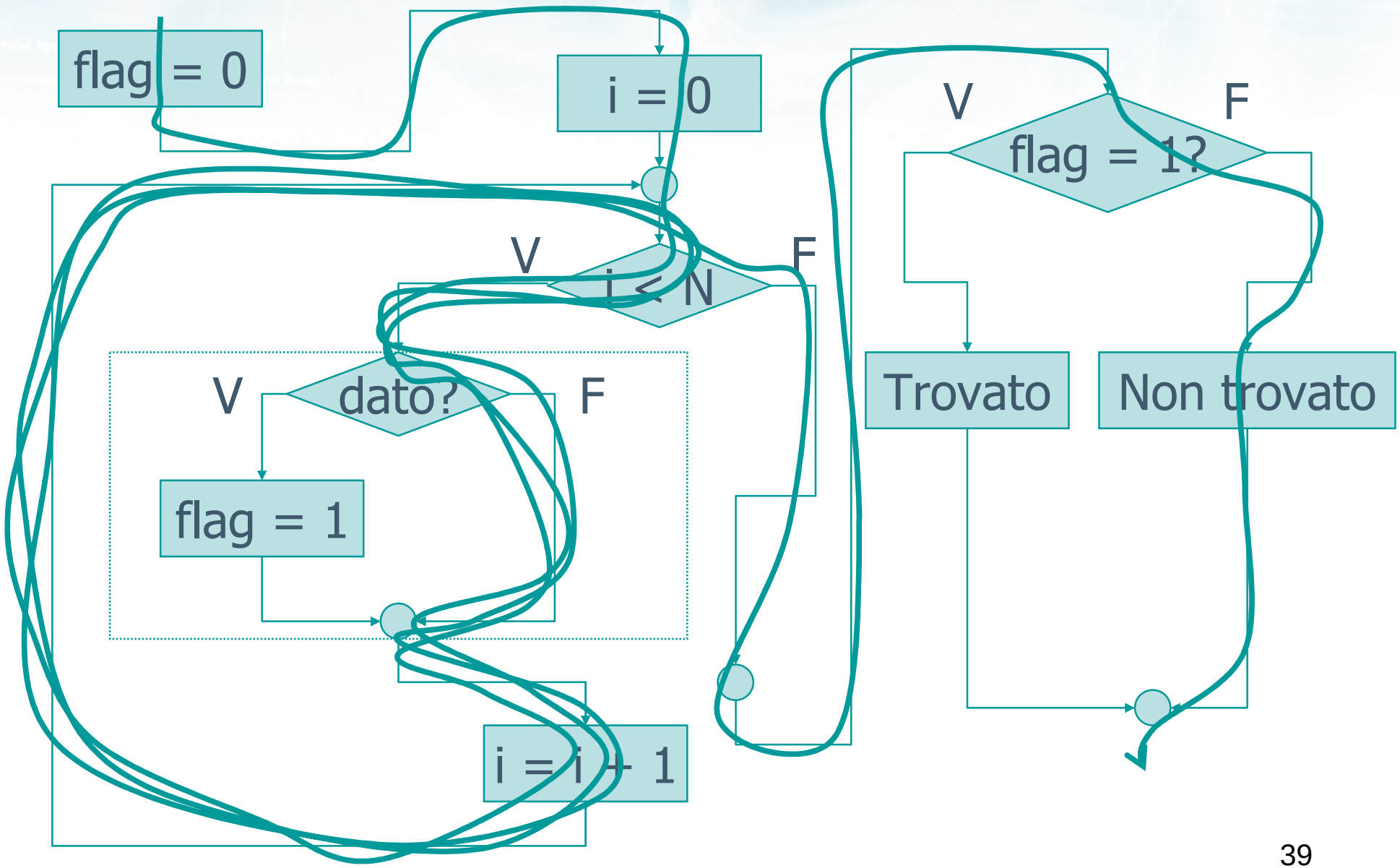
# Analisi



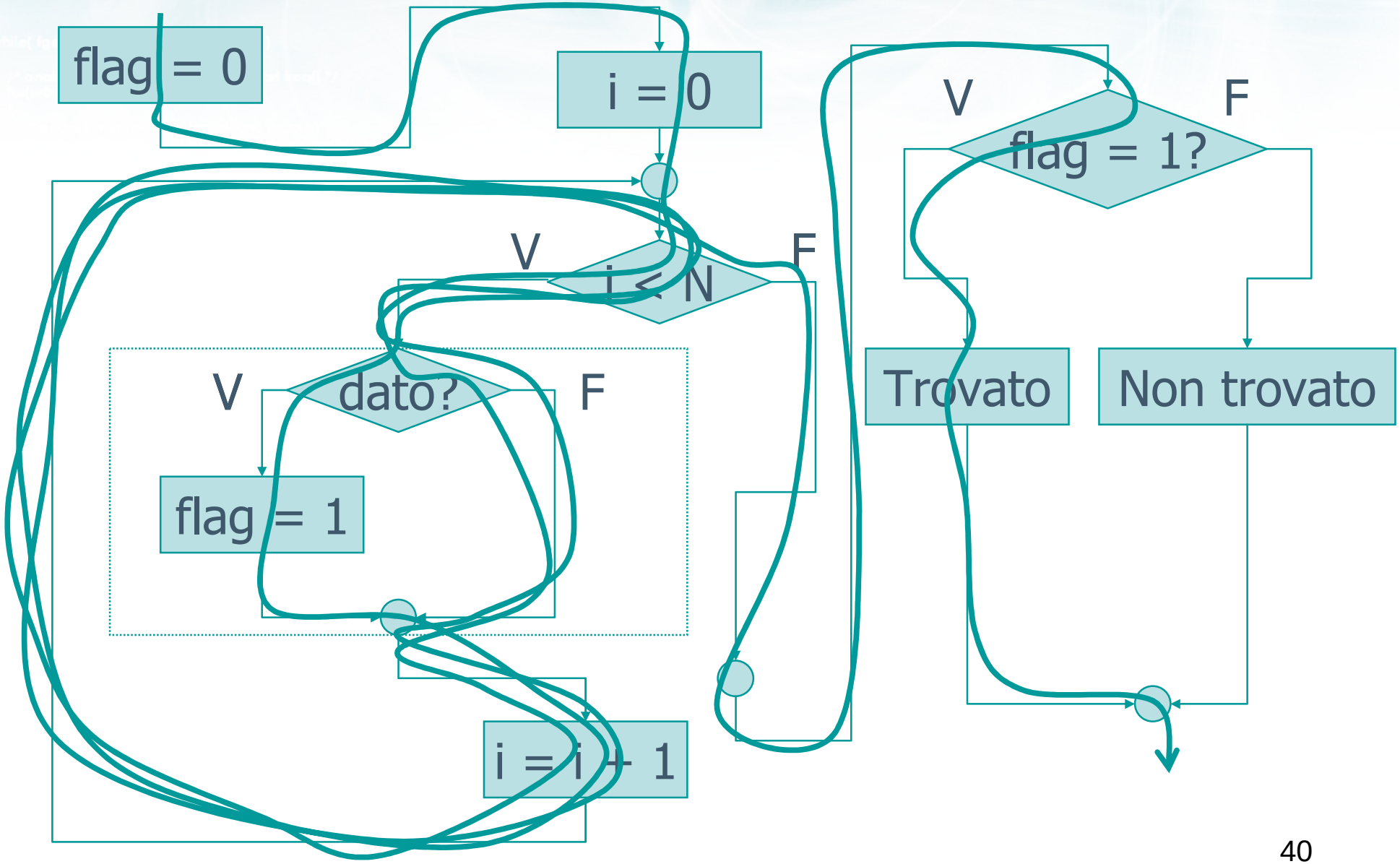
# Analisi



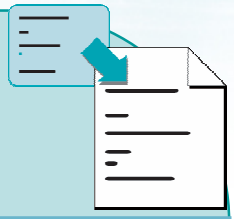
# Analisi



# Analisi



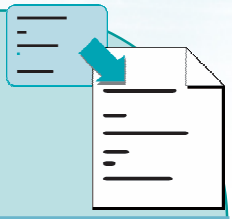
# Soluzione con flag – esempio 1



trova100v2.c

```
int trovato ; /* ho visto il numero "100"? */
....
trovato = 0 ;

i = 0 ;
while( i<n )
{
    scanf("%d", &dato);

    if( dato == 100 )
        trovato = 1 ;

    i = i + 1 ;
}

if( trovato != 0 )
    printf("Trovato il numero 100\n");
else
    printf("NON trovato il numero 100\n");
```

# Soluzione con flag – esempio 2



ugualiv2.c

```
int doppi ; /* trovati "doppioni" ? */
...
doppi = 0 ;

precedente = INT_MAX ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
    scanf("%d", &dato);

    if( dato == precedente )
        doppi = 1 ;

    precedente = dato ;
    i = i + 1 ;
}

if( doppi != 0 )
    printf("Trovati consecutivi uguali\n");
```


# Schemi ricorrenti nei cicli

## Esistenza e universalità

# Ricerca di esistenza o universalità

- L'utilizzo dei flag è può essere utile quando si desiderino verificare delle proprietà su un certo insieme di dati
  - È vero che tutti i dati verificano la proprietà?
  - È vero che almeno un dato verifica la proprietà?
  - È vero che nessun dato verifica la proprietà?
  - È vero che almeno un dato non verifica la proprietà?

# Esempi

- Verificare che tutti i dati inseriti dall'utente siano positivi
- Determinare se una sequenza di dati inseriti dall'utente è crescente
- Due numeri non sono primi tra loro se hanno almeno un divisore comune
  - esiste almeno un numero che sia divisore dei due numeri dati
- Un poligono regolare ha tutti i lati di lunghezza uguale
  - ogni coppia di lati consecutivi ha uguale lunghezza

# Formalizzazione

- È vero che tutti i dati verificano la proprietà?
  - $\forall x : P(x)$
- È vero che almeno un dato verifica la proprietà?
  - $\exists x : P(x)$
- È vero che nessun dato verifica la proprietà?
  - $\forall x : \text{not } P(x)$
- È vero che almeno un dato non verifica la proprietà?
  - $\exists x : \text{not } P(x)$

# Realizzazione (1/2)

- Esistenza: $\exists x : P(x)$
  - Inizializzo flag F = 0
  - Ciclo su tutte le x
    - Se P(x) è vera
      - Pongo F = 1
  - Se F = 1, l'esistenza è dimostrata
  - Se F = 0, l'esistenza è negata

# Realizzazione (1/2)

- Esistenza: $\exists x : P(x)$
  - Inizializzo flag F = 0
  - Ciclo su tutte le x
    - Se P(x) è vera
      - Pongo F = 1
  - Se F = 1, l'esistenza è dimostrata
  - Se F = 0, l'esistenza è negata
- Universalità: $\forall x : P(x)$
  - Inizializzo flag F = 1
  - Ciclo su tutte le x
    - Se P(x) è falsa
      - Pongo F = 0
  - Se F = 1, l'universalità è dimostrata
  - Se F = 0, l'universalità è negata

# Realizzazione (2/2)

- Esistenza: $\exists x$ : not P(x)
  - Inizializzo flag F = 0
  - Ciclo su tutte le x
    - Se P(x) è falsa
      - Pongo F = 1
  - Se F = 1, l'esistenza è dimostrata
  - Se F = 0, l'esistenza è negata
- Universalità: $\forall x$ : not P(x)
  - Inizializzo flag F = 1
  - Ciclo su tutte le x
    - Se P(x) è vera
      - Pongo F = 0
  - Se F = 1, l'universalità è dimostrata
  - Se F = 0, l'universalità è negata

# Esempio 1

- Verificare che tutti i dati inseriti dall'utente siano positivi

```
int positivi ;
...
positivi = 1 ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
    ...
    if( dato <= 0 )
        positivi = 0 ;
    ....
    i = i + 1 ;
}
if( positivi == 1 )
    printf("Tutti positivi\n");
```

# Esempio 2

- Determinare se una sequenza di dati inseriti dall'utente è crescente

```
int crescente ;
...
crescente = 1 ;
precedente = INT_MIN ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
    ...
    if( dato < precedente )
        crescente = 0 ;
    precedente = dato ;
    ....
    i = i + 1 ;
}
```

# Esempio 3

- Due numeri non sono primi tra loro se hanno almeno un divisore comune

```
int A, B ;
int noprimi ;
...
noprimi = 0 ;
i = 2 ;
while( i<=A )
{
     ...
     if( (A%i==0) && (B%i==0) )
          noprimi = 1 ;
     ....
     i = i + 1 ;
}
```

# Esempio 4

- Un poligono regolare ha tutti i lati di lunghezza uguale

```
int rego ;
...
rego = 1 ;
precedente = INT_MIN ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
    ...
    if( lato != precedente )
        rego = 0 ;
    precedente = lato ;
    ....
    i = i + 1 ;
}
```


# Errore frequente

- Resettare il flag al valore di inizializzazione, dimenticando di fatto eventuali condizioni incontrate in precedenza

```
trovato = 0 ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
     ...
     if( dato == 100 )
          trovato = 1 ;
     else
          trovato = 0 ;
     ...
     i = i + 1 ;
}
```

```
trovato = 0 ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
     ...
     if( dato == 100 )
          trovato = 1 ;


     ...
     i = i + 1 ;
}
```


# Errore frequente

- Passare ai fatti non appena trovato il primo elemento che soddisfa la proprietà

```
trovato = 0 ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
     ...
     if( dato == 100 )
     {
          trovato = 1 ;
          printf("W!\n");
     }
     ...
     i = i + 1 ;
}
```

```
trovato = 0 ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
     ...
     if( dato == 100 )
          trovato = 1 ;
     ....
     i = i + 1 ;
}
if(trovato==1)
     printf("W!\n");
```


# Errore frequente

- Pensare che al primo fallimento si possa determinare che la proprietà è falsa

```
trovato = 0 ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
     ...
     if( dato == 100 )
          trovato = 1 ;
     else
          printf("NO!\n");
     ...
     i = i + 1 ;
}
```

```
trovato = 0 ;
i = 0 ;
while( i<n )
{
     ...
     if( dato == 100 )
          trovato = 1 ;
     ....
     i = i + 1 ;
}
if(trovato==0)
     printf("NO!\n");
```


# Cicli ed iterazioni

## Istruzione for

# Istruzione `for`

- Sintassi dell'istruzione
- Operatori di autoincremento
- Cicli `for` annidati


# Istruzione for

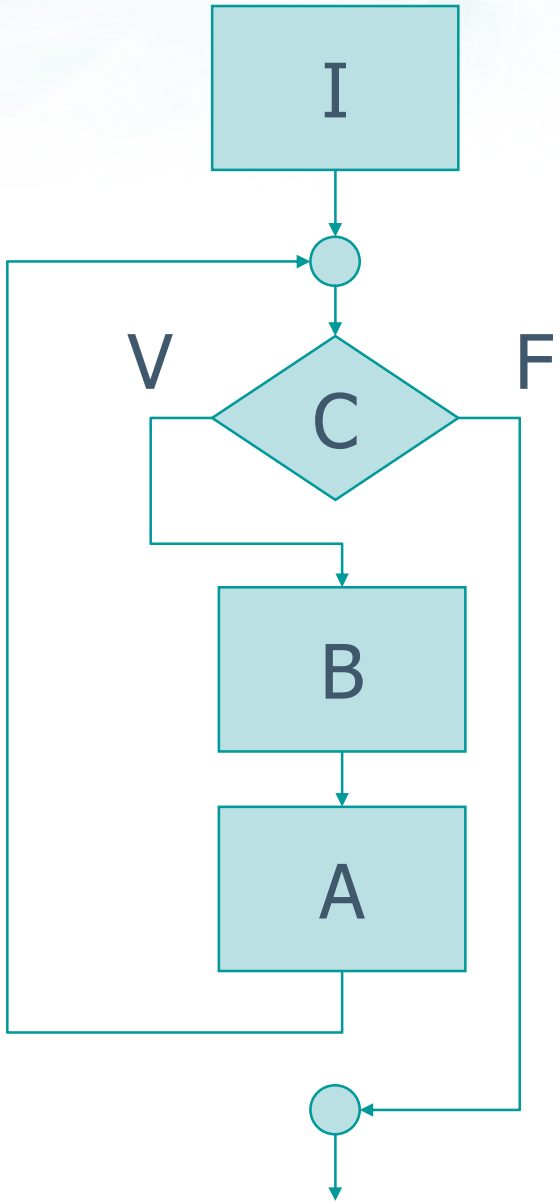
## Sintassi dell'istruzione

# Istruzione `for`

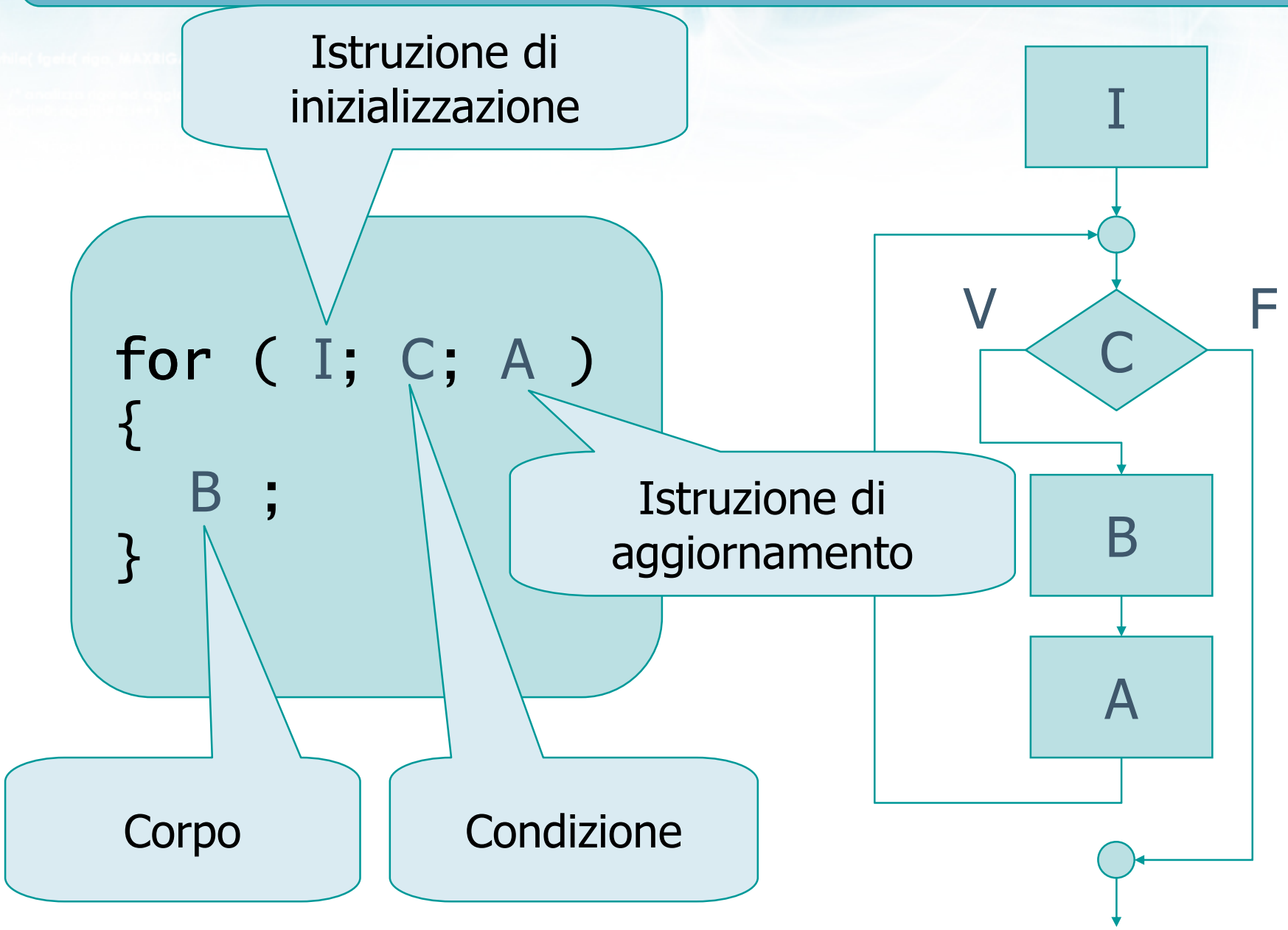
- L'istruzione fondamentale è `while`
  - La condizione solitamente valuta una variabile di controllo
  - Occorre ricordarsi l'inizializzazione della variabile di controllo
  - Occorre ricordarsi di aggiornare (incrementare, ...) la variabile di controllo
- L'istruzione `for` rende più semplice ricordare queste cose

# Istruzione for

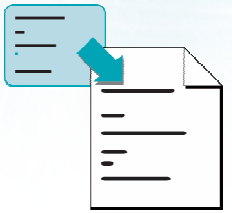
```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```



# Istruzione for



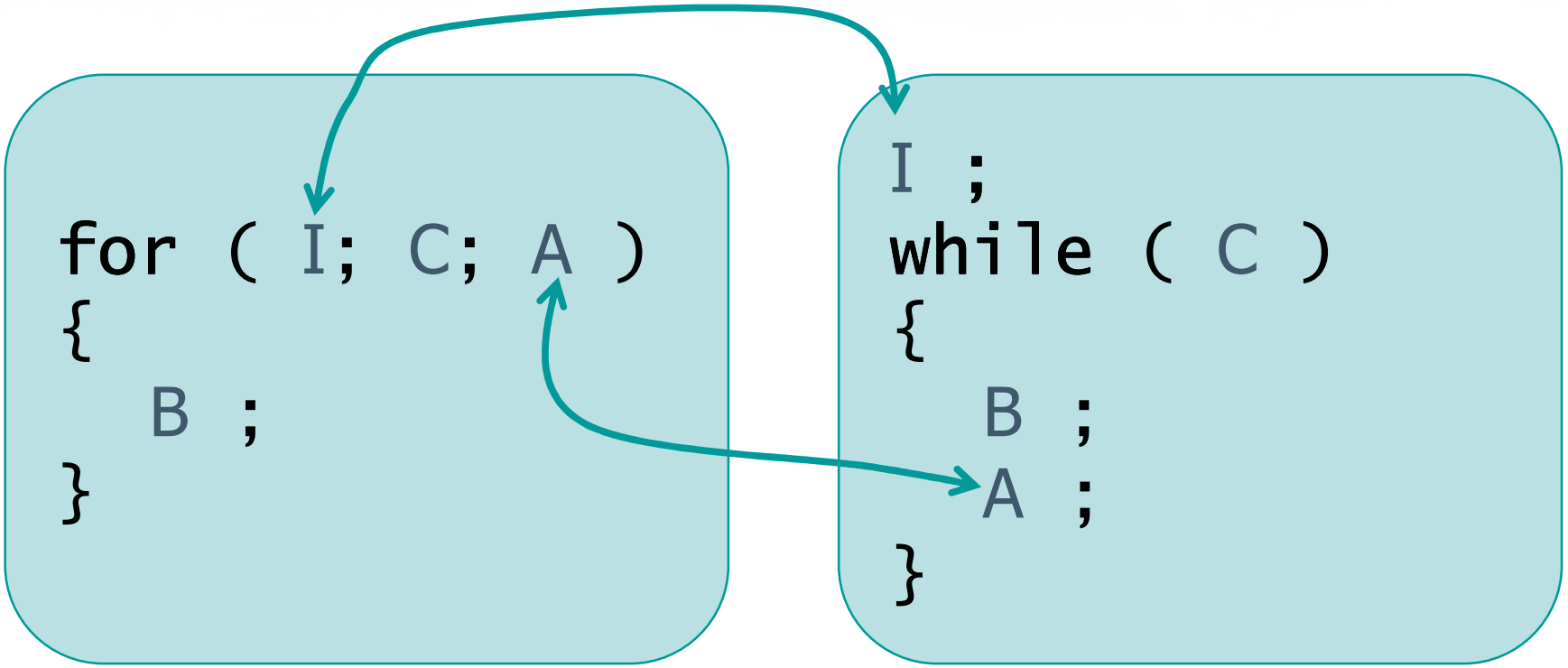
# Esempio



num1-10v2.c

```
int i ;

for ( i=1; i<=10; i=i+1 )
{
   printf("Numero = %d\n", i) ;
}
```

# Equivalenza for←→while



# Esempio

```
int i ;

for ( i=1; i<=10; i=i+1 )
{
   printf("%d\n", i) ;
}
```

```
int i ;

i = 1 ;
while ( i <= 10 )
{
   printf("%d\n", i) ;
   i = i + 1 ;
}
```

# Utilizzo prevalente (1/2)

- Le istruzioni di inizializzazione `I` e di aggiornamento `A` possono essere qualsiasi
- Solitamente `I` viene utilizzata per inizializzare il contatore di controllo del ciclo, e quindi è del tipo
  - `i = 0`
- Solitamente `A` viene utilizzata per incrementare (o decrementare) il contatore, e quindi è del tipo
  - `i = i + 1`

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```

# Utilizzo prevalente (2/2)

- L'istruzione `for` può sostituire un qualsiasi ciclo `while`
- Solitamente viene utilizzata, per maggior chiarezza, nei cicli con numero di iterazioni noto a priori

# Cicli `for` con iterazioni note

```
int i ;

for ( i=0; i<N; i=i+1 )
{
   .......
}
```

```
int i ;

for ( i=1; i<=N; i=i+1 )
{
   .......
}
```

```
int i ;

for ( i=N; i>0; i=i-1 )
{
   .......
}
```

```
int i ;

for ( i=N-1; i>=0; i=i-1)
{
   .......
}
```

# Casi particolari (1/6)

- Se non è necessario inizializzare nulla, si può omettere l'istruzione `I`
  - `for( ; i != 0 ; i = i - 1 )`
  - La condizione `C` viene comunque valutata prima della prima iterazione, pertanto le variabili coinvolte dovranno essere inizializzate prima dell'inizio del ciclo
  - Il simbolo `;` è sempre necessario

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```

# Casi particolari (2/6)

- Se l'aggiornamento viene fatto nel ciclo, si può omettere l'istruzione A
  - `for( dato = INT_MIN; dato != 0 ; )`
  - La responsabilità di aggiornare la variabile di controllo (`dato`) è quindi del corpo B del ciclo
  - Il simbolo `;` è sempre necessario

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```

# Casi particolari (3/6)

- Se occorre inizializzare più di una variabile, è possibile farlo separando le varie inizializzazioni con un simbolo ,
  - `for( i=0, j=0; i<N; i=i+1 )`
  - Solitamente uno solo è il contatore del ciclo, gli altri saranno altri contatori, accumulatori o flag

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```

# Casi particolari (4/6)

- Se occorre aggiornare più di una variabile, è possibile farlo separando i vari aggiornamenti con un simbolo ,
  - `for( i=0; i<N; i=i+1, k=k-1 )`

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```

# Casi particolari (5/6)

- Nel caso in cui si ometta sia `I` che `A`, il ciclo `for` degenera nel ciclo `while` equivalente
  - `for( ; i<N; )`
  - `while( i<N )`

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```

# Casi particolari (6/6)

- È possibile omettere la condizione C, in tal caso viene considerata come sempre vera
  - `for( i=0; ; i=i+1)`
  - Questo costrutto genera un ciclo infinito. È necessario che il ciclo venga interrotto con un altro meccanismo (`break`, `return`, `exit`)
  - Talvolta si incontra anche un ciclo infinito "puro"
    - `for( ; ; )`

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```


# Istruzione for

## Operatori di autoincremento

# Istruzione di aggiornamento

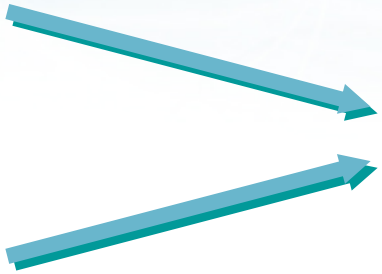
- Nella maggioranza dei casi, l'istruzione di aggiornamento A consiste in un incremento
  - `i = i + 1`
- oppure in un decremento
  - `i = i - 1`
- Il linguaggio C dispone di operatori specifici per semplificare la sintassi di queste operazioni frequenti

```
for ( I; C; A )
{
   B ;
}
```

# Operatore di auto-incremento

```
a++ ;
```

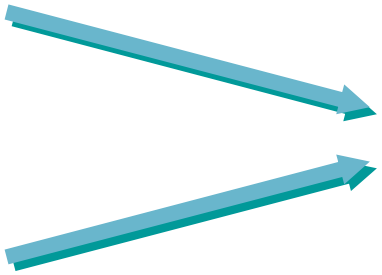
```
++a ;
```



```
a = a + 1 ;
```

```
a-- ;
```

```
--a ;
```



```
a = a - 1 ;
```

# Cicli `for` con iterazioni note

```
int i ;

for ( i=0; i<N; i++ )
{
   .......
}
```

```
int i ;

for ( i=1; i<=N; i++ )
{
   .......
}
```

```
int i ;

for ( i=N; i>0; i-- )
{
   .......
}
```

```
int i ;

for ( i=N-1; i>=0; i-- )
{
   .......
}
```


# Istruzione for

## Cicli for annidati

# Annidamento di cicli

- Come sempre, all'interno del corpo B di un ciclo (`for` o `while`) è possibile annidare altri cicli (`for` o `while`)
- Non vi è limite al livello di annidamento
- I cicli più interni sono sempre eseguiti "più velocemente" dei cicli più esterni

# Esempio

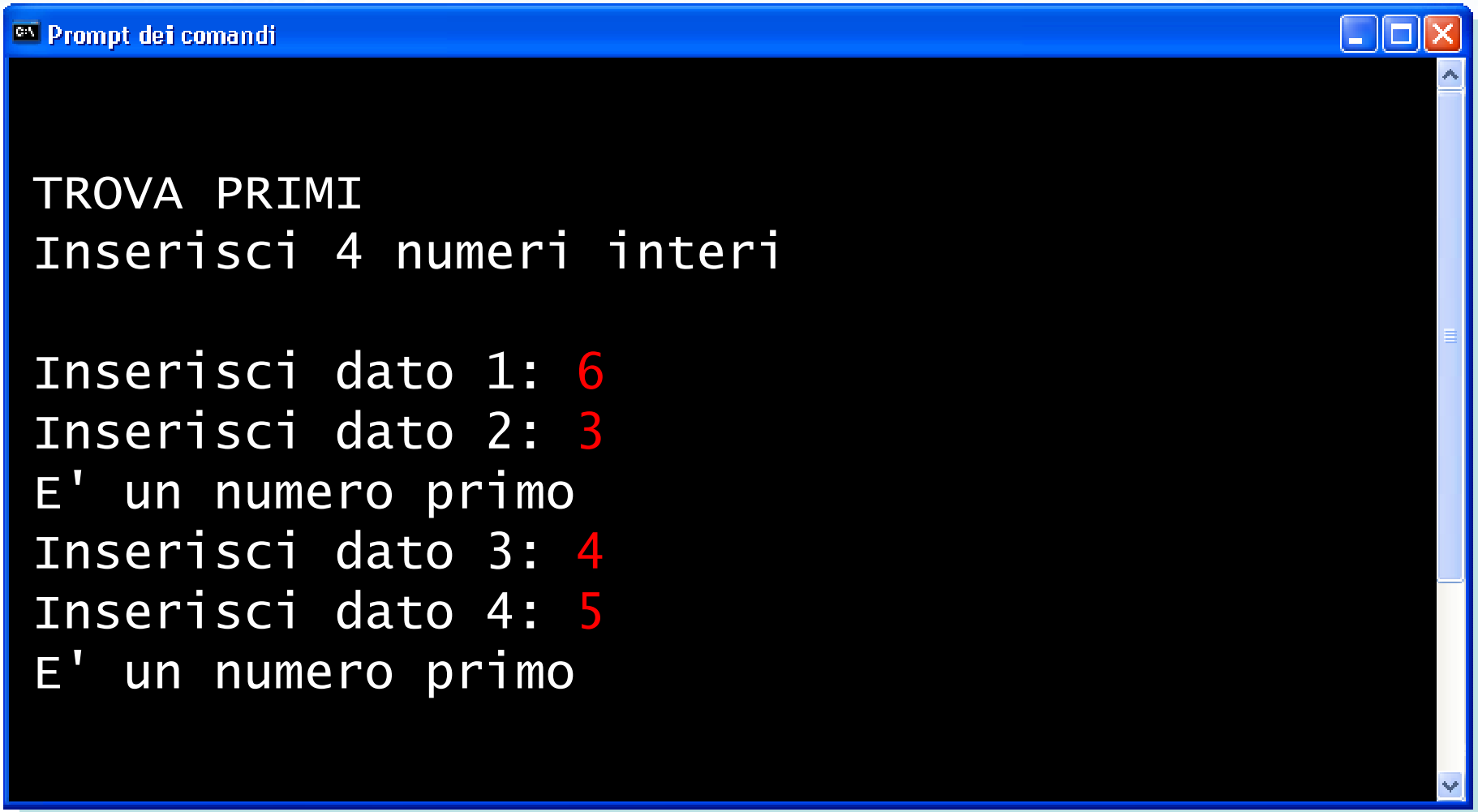
conta99v2.c

```
for( i=0; i<N; i++ )
{
    for( j=0; j<N; j++ )
    {
        printf("i=%d - j=%d\n", i, j);
    }
}
```

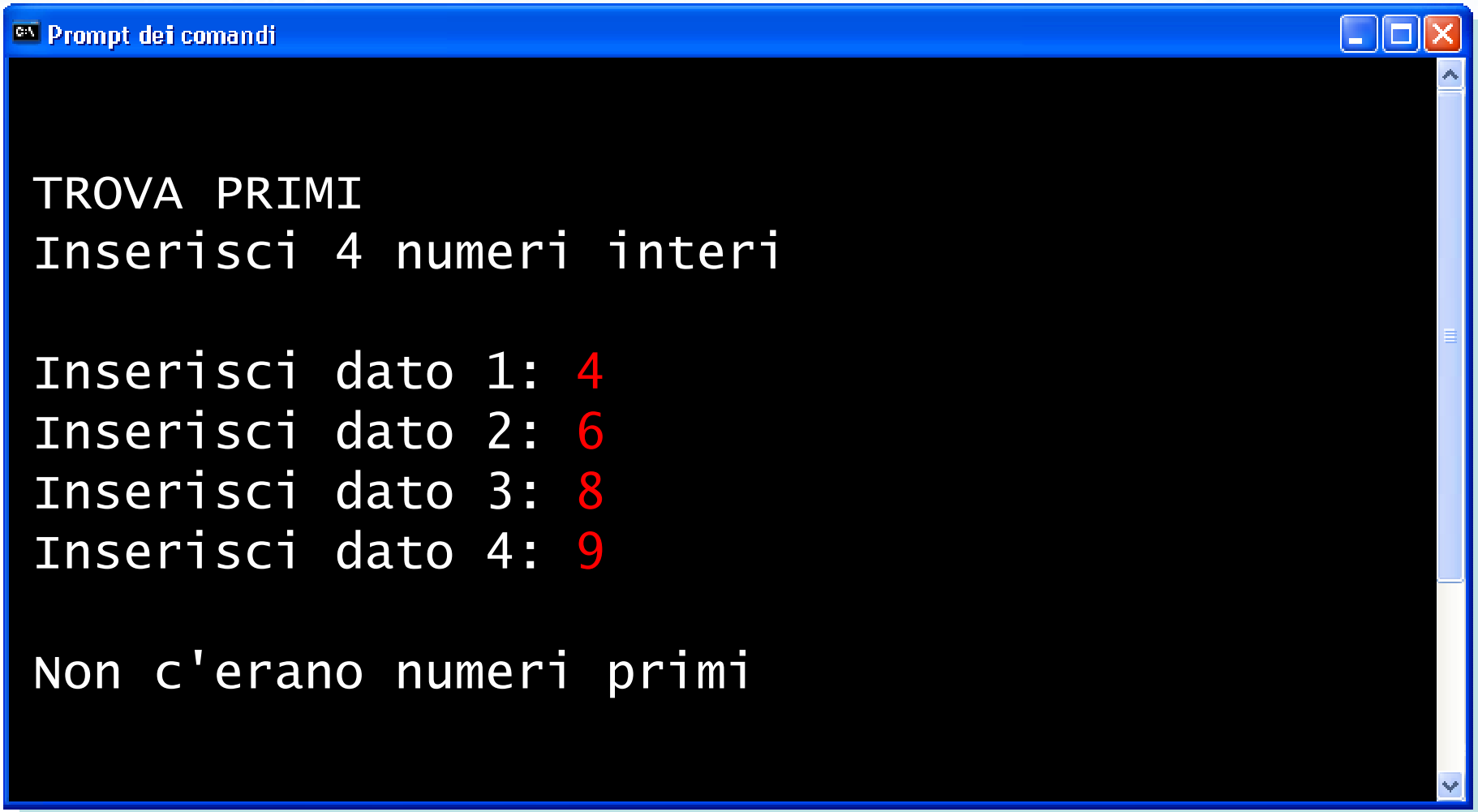
# Esercizio

- Si scriva un programma in linguaggio C che
  - acquisisca da tastiera 10 numeri
  - per ciascuno di tali numeri determini se è un numero primo, stampando immediatamente un messaggio opportuno
  - al termine, se nessuno tra i numeri inseriti era un numero primo, stampi un messaggio opportuno

# Analisi (1/2)


Prompt dei comandi
TROVA PRIMI
Inserisci 4 numeri interi
Inserisci dato 1: 6
Inserisci dato 2: 3
E' un numero primo
Inserisci dato 3: 4
Inserisci dato 4: 5
E' un numero primo

# Analisi (2/2)


Prompt dei comandi
TROVA PRIMI
Inserisci 4 numeri interi
Inserisci dato 1: 4
Inserisci dato 2: 6
Inserisci dato 3: 8
Inserisci dato 4: 9
Non c'erano numeri primi

# Numero primo

10primi.c

```
primo = 1 ;
for( j=2; j<dato; j++)
{
     if( dato%j == 0 )
          primo = 0 ;
}
```

# Stampa se non ci sono primi

10primi.c

```
for( i=0; i<n; i++ )
{
     scanf("%d", &dato);

     ....determina se è un numero primo....

     if( primo == 1 )
     {
          printf("E' un numero primo\n");
     }
}
```

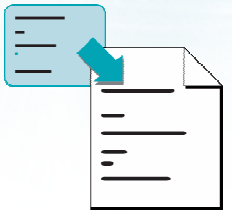
# Stampa se è un primo

10primi.c

```
trovato = 0 ;
for( i=0; i<n; i++ )
{
    ....acquisisci dato e determina se è un numero primo....
    if( primo == 1 )
    {
        printf("E' un numero primo\n");
        trovato = 1 ;
    }
}
if( trovato == 0 )
    printf("Non ci sono primi\n") ;
```

# Vista d'insieme

```
trovato = 0 ;
for( i=0; i<n; i++ )
{
    scanf("%d", &dato);

    primo = 1 ;
    for( j=2; j<dato; j++ )
    {
        if( dato%j == 0 )
            primo = 0 ;
    }

    if( primo == 1 )
    {
        printf("E' un numero primo\n");
        trovato = 1 ;
    }
}

if( trovato == 0 )
    printf("Non c'erano numeri primi\n");
```



10primi.c

# Vista d'insieme

```
trovato = 0 ;
for( i=0; i<n; i++ )
{
    scanf("%d", &dato);

    primo = 1 ;
    for( j=2; j<dato; j++ )
    {
        if( dato%j == 0 )
            primo = 0 ;
    }

    if( primo == 1 )
    {
        printf("E' un numero primo\n");
        trovato = 1 ;
    }
}

if( trovato == 0 )
    printf("Non c'erano numeri primi\n");
```

Ciclo esterno

Ciclo interno

# Vista d'insieme

```
trovato = 0 ;
for( i=0; i<n; i++ )
{
    scanf("%d", &dato);

    primo = 1 ;
    for( j=2; j<dato; j++ )
    {
        if( dato%j == 0 )
            primo = 0 ;
    }

    if( primo == 1 )
    {
        printf("E' un numero primo\n");
        trovato = 1 ;
    }
}

if( trovato == 0 )
    printf("Non c'erano numeri primi\n");
```

Flag interno: numero primo

Inizializzazione

Aggiornamento

Verifica

# Vista d'insieme

```
trovato = 0 ;
for( i=0; i<n; i++ )
{
    scanf("%d", &dato);

    primo = 1 ;
    for( j=2; j<dato; j++ )
    {
        if( dato%j == 0 )
            primo = 0 ;
    }

    if( primo == 1 )
    {
        printf("E' un numero primo\n");
        trovato = 1 ;
    }
}

if( trovato == 0 )
    printf("Non c'erano numeri primi\n");
```

Flag esterno: nessun primo

Inizializzazione

Aggiornamento

Verifica


# Cicli ed iterazioni

## Approfondimenti

# Approfondimenti

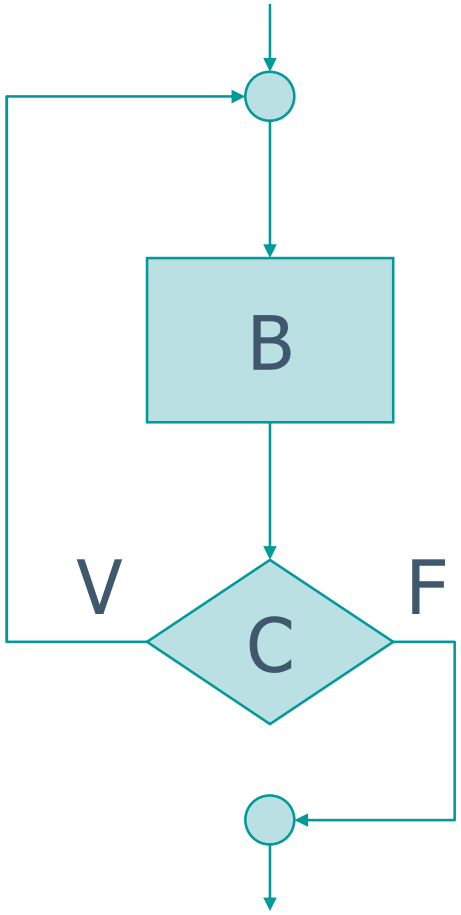
- Istruzione `do-while`
- Istruzione `break`
- Istruzione `continue`


# Approfondimenti

## Istruzione do-while

# Istruzione do-while

```
do {
   B ;
} while ( C ) ;
```



# Confronto

- Istruzione `while`
  - Condizione valutata prima di ogni iterazione
  - Numero minimo di iterazioni: 0
  - Per uscire: condizione falsa
- Istruzione `do-while`
  - Condizione valutata al termine di ogni iterazione
  - Numero minimo di iterazioni: 1
  - Per uscire: condizione falsa

# Esempio

- Acquisire un numero compreso tra 1 e 10 da tastiera
- Nel caso in cui l'utente non inserisca il numero correttamente, chiederlo nuovamente

# Soluzione

```
printf("Numero tra 1 e 10\n");
do {

    scanf("%d", &n) ;

} while ( n<1 || n>10 ) ;
```

# Soluzione migliore

```
printf("Numero tra 1 e 10\n");
do {

    scanf("%d", &n) ;

    if( n<1 || n>10 )
        printf("Errore: ripeti\n");

} while ( n<1 || n>10 ) ;
```

# Esempio

- Si scriva un programma in C che calcoli la somma di una sequenza di numeri interi
- La sequenza termina quando l'utente inserisce il dato 9999

# Soluzione

```
somma = 0 ;
do {

    scanf("%d", &dato) ;

    if( n != 9999 )
        somma = somma + dato ;

} while ( dato != 9999 ) ;
```


# Approfondimenti

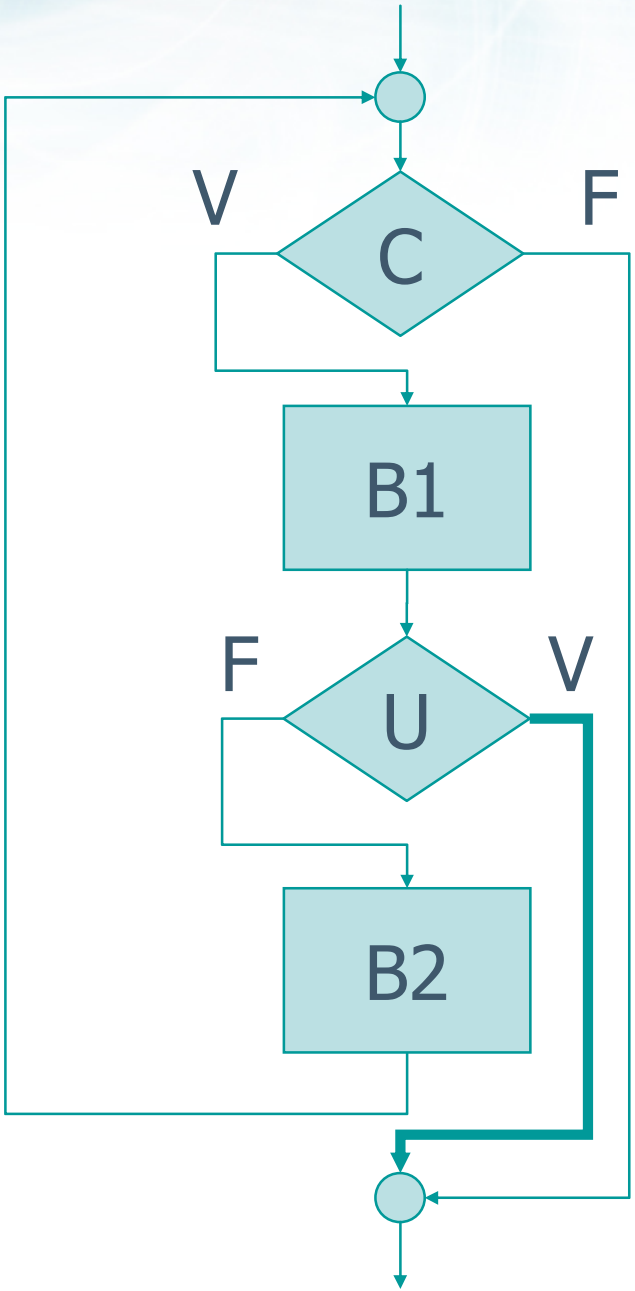
## Istruzione break

# Interruzione dei cicli

- Di norma, un ciclo termina quando la condizione di controllo diventa falsa
  - Necessario arrivare al termine del corpo per poter valutare la condizione
- Talvolta potrebbe essere comodo interrompere prematuramente l'esecuzione di un ciclo
  - A seguito di condizioni di errore
  - Quando è stato trovato ciò che si cercava

# Istruzione break

```
while ( C )
{
   B1 ;
   if ( U )
      break ;
   B2 ;
}
```



# Funzionamento

- Quando viene eseguita l'istruzione `break`
  - Viene interrotta l'esecuzione del corpo del ciclo
  - Il flusso di esecuzione passa all'esterno del ciclo che contiene il `break`
  - Si esce dal ciclo anche se la condizione di controllo è ancora vera
  - In caso di cicli annidati, si esce solo dal ciclo più interno
- Funziona con cicli `while`, `for`, `do-while`

# Esempio

- Si scriva un programma in C che calcoli la somma di una sequenza di numeri interi
- La sequenza termina quando l'utente inserisce il dato 9999

# Soluzione

```
somma = 0 ;
do {

    scanf("%d", &dato) ;

    if( dato == 9999 )
        break;

    somma = somma + dato ;

} while ( 1 ) ;
```

# Esempio

- Si scriva un programma in C che determini se un numero inserito da tastiera è primo

# Soluzione

```
scanf("%d", &dato) ;
primo = 1 ;
for ( i=2; i<dato; i++ )
{
    if( dato%i == 0 )
    {
        primo = 0 ;
        break ; /* inutile continuare */
    }
}
```

# Note

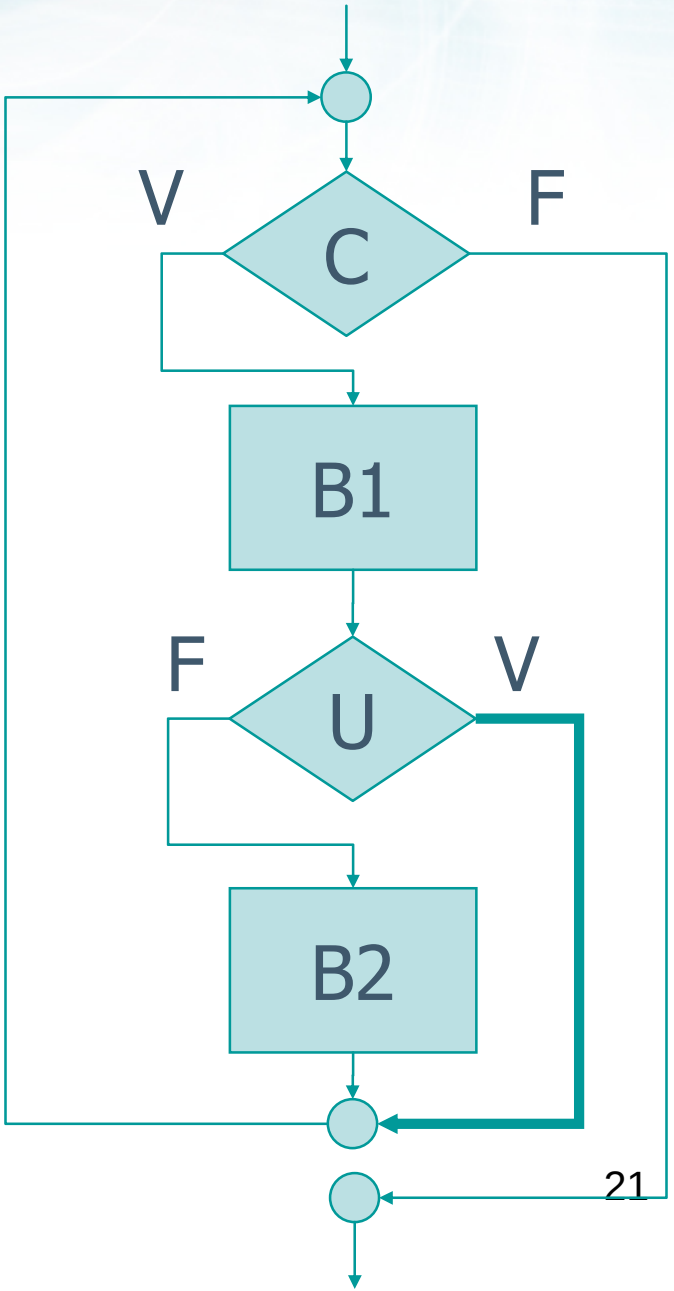
- L'istruzione `break` crea programmi non strutturati: usare con cautela
- Non è possibile uscire da più cicli annidati contemporaneamente


# Approfondimenti

## Istruzione continue

# Istruzione continue

```
while ( C )
{
   B1 ;
   if ( U )
      continue ;
   B2 ;
}
```



# Funzionamento

- Quando viene eseguita l'istruzione `continue`
  - Viene interrotta l'esecuzione del corpo del ciclo
  - Il flusso di esecuzione passa al termine del corpo
  - Nel caso di cicli `for`, viene eseguita l'istruzione di aggiornamento
  - Viene nuovamente valutata la condizione
  - Il ciclo continua normalmente
  - In caso di cicli annidati, si esce solo dal ciclo più interno
- Funziona con cicli `while`, `for`, `do-while`

# Esempio

```
somma = 0 ;
do {

    scanf("%d", &dato) ;

    if( dato == 9999 )
        continue ; /* non considerarlo */

    somma = somma + dato ;

} while ( dato != 9999 ) ;
```

# Avvertenze

- L'istruzione `continue` è oggettivamente poco utilizzata
- Crea un "salto" poco visibile: accompagnarla sempre con commenti evidenti


# Cicli ed iterazioni

## Esercizi proposti

# Esercizi proposti

- Esercizio “Decimale-binario”
- Esercizio “Massimo Comun Divisore”
- Esercizio “Triangolo di Floyd”

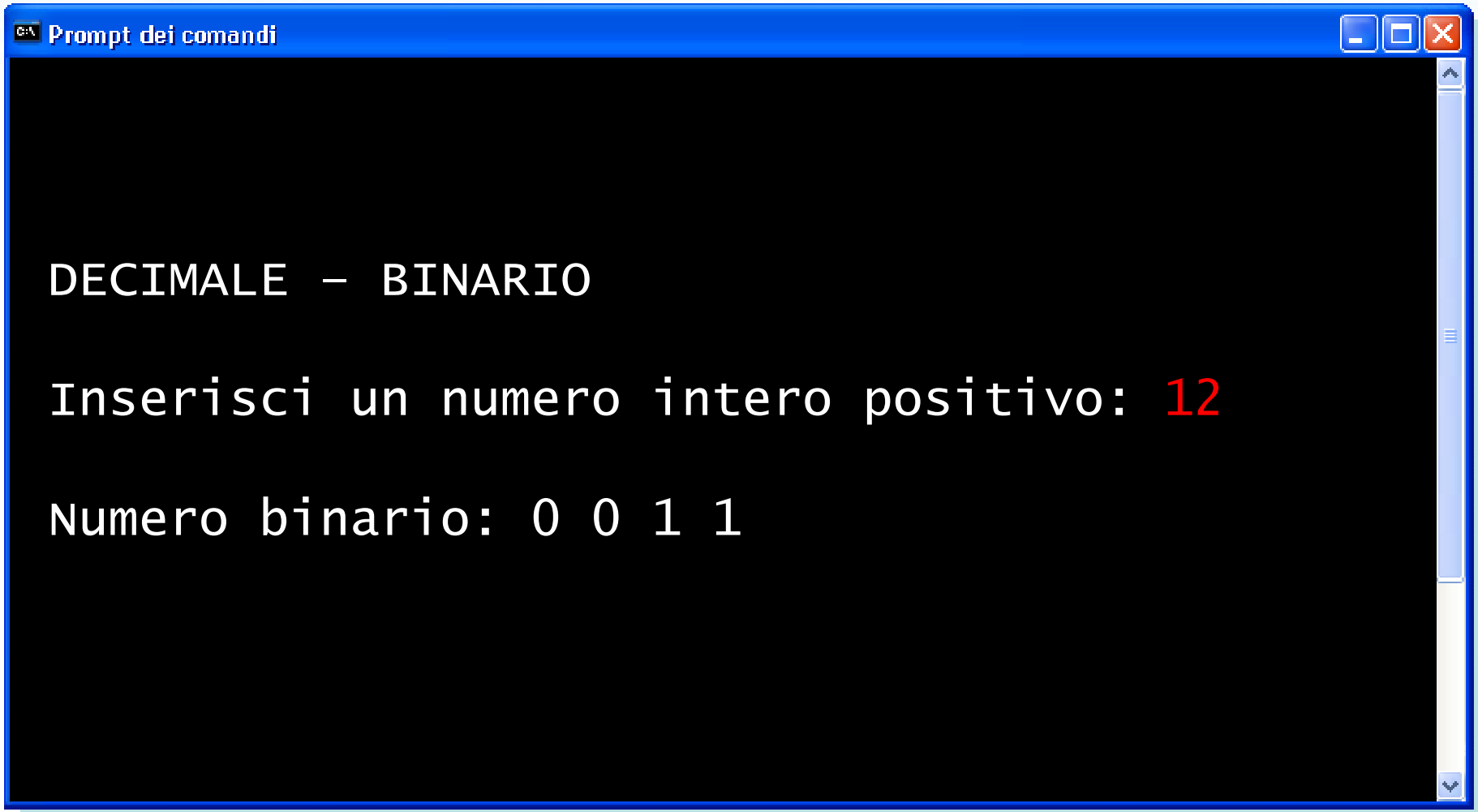

# Esercizi proposti

## Esercizio “Decimale-binario”

# Esercizio "Decimale-binario"

- Si realizzi un programma in C in grado di
  - Leggere un numero naturale n
  - Convertire tale numero dalla base 10 alla base 2
  - Visualizzare il risultato, a partire dalla cifra meno significativa

# Analisi

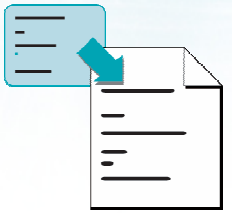

Prompt dei comandi
DECIMALE – BINARIO
Inserisci un numero intero positivo: 12
Numero binario: 0 0 1 1

# Divisioni successive

- n = 12
- n%2 = 0 → cifra 0
- n = n / 2 = 6
- n%2 = 0 → cifra 0
- n = n / 2 = 3
- n%2 = 1 → cifra 1
- n = n / 2 = 1
- n%2 = 1 → cifra 1
- n = n / 2 = 0 ➔ STOP

| N | N % 2 |
|---|---|
| 12 | 0 |
| 6 | 0 |
| 3 | 1 |
| 1 | 1 |
| 0 | |

# Soluzione



bin-dec.c

```
while( n!=0 )
{
    if( n%2 == 1 )
        printf("1 ") ;
    else
        printf("0 ") ;

    n = n / 2 ;
}
```


# Esercizi proposti

## Esercizio "Massimo Comun Divisore"

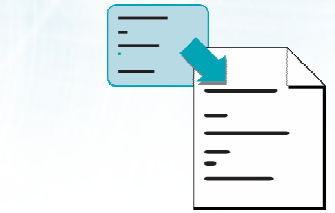
# Esercizio “Massimo Comun Divisore”

- Si scriva un programma in C in grado di calcolare il massimo comun divisore (MCD) di due numeri interi.
- Il MCD è definito come il massimo tra i divisori comuni ai due numeri.

# Analisi

- Diciamo N1 e N2 i numeri inseriti dall'utente
- Il MCD di N1 e N2 è il **massimo** tra i numeri che sono **divisori** sia di N2, sia di N1.
  - Troviamo i divisori di N1 ...
  - ... tra quelli che sono anche divisori di N2 ...
  - ... calcoliamo il massimo

# Algoritmo




- k_max = 0
- for k = da 1 a N1
  - se k è un divisore di N1
    - se k è un divisore di N2
      - aggiorna k_max = k
- MCD = k_max


# Esercizi proposti

## Esercizio “Triangolo di Floyd”

# Esercizio "Triangolo di Floyd"

- Scrivere un programma C per la rappresentazione del triangolo di Floyd.
- Il programma riceve da tastiera un numero interno N.
- Il programma visualizza le prima N righe del triangolo di Floyd.

```
1
2  3
4  5  6
7  8  9  10
11  12  13  14  15
```

N=5

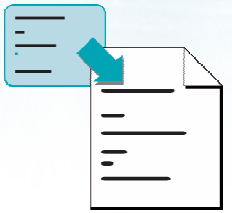
# Analisi

- Occorre stampare i primi numeri interi in forma di triangolo
- La riga k-esima ha k elementi

```
1
2  3
4  5  6
7  8  9  10
11  12  13  14  15
```

N=5

# Algoritmo



floyd.c

- cont = 1
- for riga = da 1 a N
  - for colonna = da 1 a riga
    - stampa cont
    - cont++
  - vai a capo

```
1
2  3
4  5  6
7  8  9  10
11  12  13  14  15
```

N=5


# Cicli ed iterazioni

## Sommario

# Argomenti trattati

- Ripetizione del del flusso di esecuzione
- Inizializzazione, Condizione, Aggiornamento, Corpo
- Istruzione `while`
- Istruzione `for`
- Cicli annidati

# Tecniche di programmazione

- Cicli con numero di iterazioni note o ignote
- Contatori
- Accumulatori
- Flag

# Schemi ricorrenti

- Calcolo di somme, medie, ...
- Calcolo di max, min
- Ricerca di esistenza
- Ricerca di universalità
- Controllo dei dati in input

# Suggerimenti

- Ricordare di verificare sempre le 4 parti del ciclo
  - Inizializzazione, Condizione, Corpo, Aggiornamento
- Le complicazioni nascono da
  - Cicli annidati
  - Condizioni if annidate in cicli
  - Annidamento di flag o ricerche
- Procedere sempre per gradi
  - Pseudo-codice o flow chart
  - Identificare chiaramente il ruolo dei diversi cicli

# Materiale aggiuntivo

- Sul CD-ROM
  - Testi e soluzioni degli esercizi trattati nei lucidi
  - Scheda sintetica
  - Esercizi risolti
  - Esercizi proposti
- Esercizi proposti da altri libri di testo