La fase di progetto

- Fase in cui si decidono le modalità di passaggio da "*che cosa*" deve essere realizzato nel sistema software a "*come*" la realizzazione deve aver luogo
- La fase di progetto prende in input il *documento di specifica* (analisi dei requisiti) e produce un *documento di progetto* che guida la successiva fase di codifica
- La fase di progetto può essere suddivisa in due sotto-fasi:
  - **progetto architetturale** (o **preliminare**), in cui il sistema software complessivo viene suddiviso in più sottosistemi (*decomposizione modulare*)
  - **progetto dettagliato**, in cui ogni sottosistema identificato viene progettato in dettaglio, scegliendo algoritmi e strutture dati specifiche

Principi di progettazione

- *stepwise refinement* (usato anche in fase di *analisi* dei requisiti)
- astrazione (usato anche in fase di *analisi* dei requisiti)
- decomposizione modulare
- modularità
- *information hiding*
- riusabilità

Stepwise refinement

- Il procedere per raffinamenti successivi (*stepwise refinement*) è una strategia di progettazione top-down proposta da *Wirth* (1971) nell'ambito della programmazione strutturata
- Il raffinamento è un processo di elaborazione che parte dalla specifica di una funzione (o di dati) in cui non si descrive il funzionamento interno della funzione o la struttura interna dei dati
- Il raffinamento elabora la specifica aggiungendo ad ogni passo un livello di dettaglio maggiore

Stepwise refinement (2)

- L'importanza del raffinamento deriva dalla **legge di Miller (1956)**: *"at any one time a human being can concentrate on at most 7 ± 2 chunks (quanta of information)*"

- Il *raffinamento* è un concetto complementare al concetto di *astrazione*

Astrazione

- L'astrazione consiste nel concentrarsi sugli aspetti essenziali di una entità e nell'ignorare i dettagli secondari
- Il concetto di livello di astrazione è stato introdotto da *Djikstra* (1968) nell'ambito dei sistemi operativi, al fine di descriverne l'architettura a strati
- Nell'ambito del processo software, ogni passo rappresenta un raffinamento del livello di astrazione della soluzione. Ciò significa concentrarsi su cosa è e cosa fa una entità del sistema software prima di decidere come debba essere realizzata

Astrazione (2)

- I principali tipi di astrazione sono:
  - astrazione **procedurale** (es. funzioni C)
  - astrazione dei **dati** (es. *data encapsulation*)
- Con il termine ***data encapsulation*** ci si riferisce ad una struttura dati insieme alle azioni eseguite su di essa (es. *stack*, struttura dati con le azioni che realizzano il meccanismo LIFO)
- L'uso di *data encapsulation* in fase di progetto permette di ottenere vantaggi sia in fase di codifica che in fase di manutenzione

Tipi di dati astratti

- Un tipo di dato astratto (*abstract data type*) identifica un tipo di dato insieme alle azioni eseguite sulle istanze del tipo di dato
- Un tipo di dato astratto combina astrazione procedurale e astrazione dei dati
- L'uso dei tipi di dati astratti permette di migliorare la qualità del software in relazione agli attributi di *riusabilità* e *manutenibilità*
- Una *classe C++* è un esempio di tipo di dato astratto che inoltre supporta il meccanismo di ereditarietà

Esempio di *abstract data type* (classe C++)

```
class JobQueue
{
  // attributes
  public:
    int queueLength;                    // length of job queue
    int queue[25];                      // queue can contain up to 25 jobs

  // methods
  public:
    void initializeJobQueue ()
    /*
     * empty job queue has length 0
     */
    {
      queueLength = 0;
    }

    void addJobToQueue (int jobNumber)
    /*
     * add job to end of job queue
     */
    {
      queue[queueLength] = jobNumber;
      queueLength = queueLength + 1;
    }

    void removeJobFromQueue (int& jobNumber)
    /*
     * set jobNumber equal to the number of the job stored at the head of the queue,
     * remove the job at the head of the job queue, and move up the remaining jobs
     */
    {
      jobNumber = queue[0];
      queueLength = queueLength –  1;
      for (int k = 0; k •  queueLength; k++)
        queue[k] = queue[k + 1];
    }
} // class JobQueue
```

Modularità (1)

- Prodotti software fatti di un unico, monolitico, blocco di codice sono difficili a:
  - manutenere
  - correggere
  - capire
  - riusare
- La soluzione consiste nel suddividere il prodotto software in segmenti più piccoli detti **moduli**

Modularità (2)

- Definizione (IEEE Std 610.12 - Standard Glossary of Software Engineering Technology):

  the extent to which software is composed of discrete components such that a change to one component has minimal impact on the other components

Decomposizione modulare

- Un **modulo** è un elemento software che:
  - contiene istruzioni, logica di elaborazione e strutture dati
  - può essere compilato separatamente e memorizzato all'interno di una libreria software
  - può essere incluso in un programma
  - può essere usato invocando segmenti di modulo identificati da un nome e da una lista di parametri
  - può usare altri moduli
- La suddivisione in moduli di un sistema software (*decomposizione modulare*) produce come risultato l'identificazione di una **architettura dei moduli** (***structure chart***)

Decomposizione modulare (2)

- L'architettura dei moduli di un sistema software descrive la struttura dei moduli, il modo in cui tali moduli interagiscono e la struttura dei dati manipolati
- La decomposizione modulare si basa sul principio del "*divide et impera*"
- Detti **p1** e **p2** due *problemi*, **C** la *complessità* ed **E** l'*effort* si ha che:

$$C(p1) > C(p2) \Rightarrow E(p1) > E(p2)$$

$$C(p1+p2) > C(p1) + C(p2)$$

$$\Downarrow$$

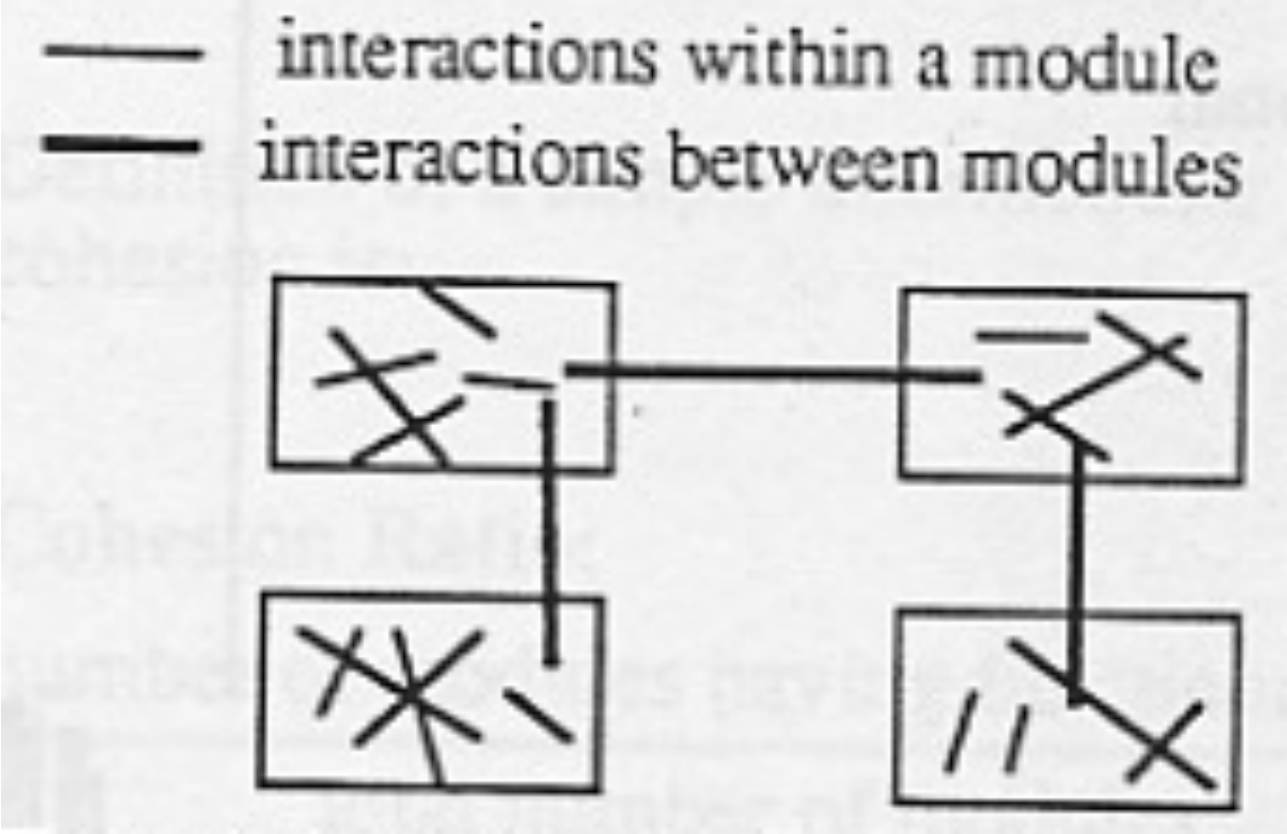
$$E(p1+p2) > E(p1) + E(p2)$$

Decomposizione modulare (3)

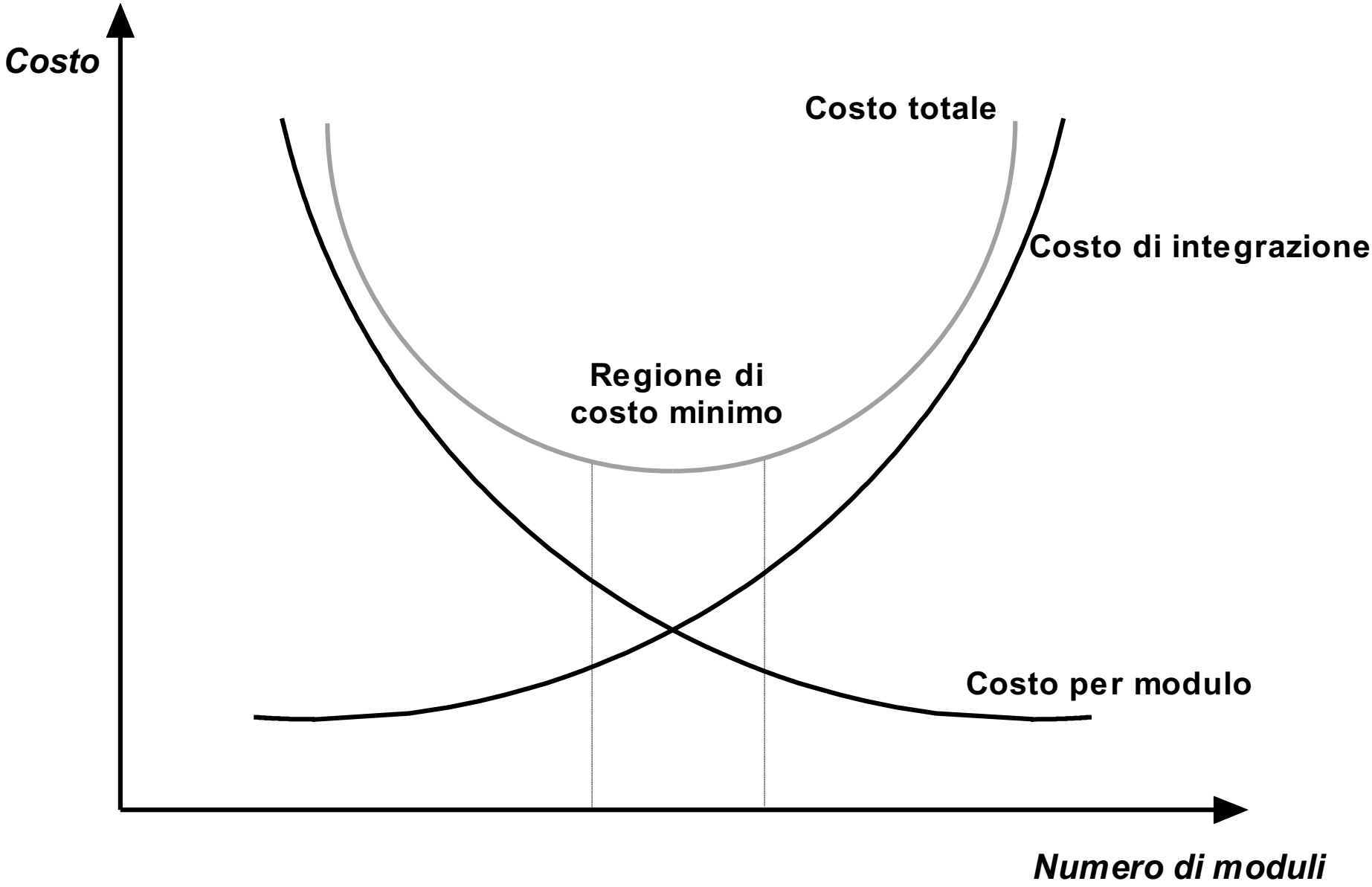
- Un buona divisione di un prodotto software in moduli è quella che permette di ottenere:
  - *Massima* coesione (**cohesion**) *interna* ai moduli
  - *Minimo* grado di accoppiamento (**coupling**) *tra* i moduli
- Infatti, massima coesione e minimo coupling permettono di incrementare:
  - Comprensibilità
  - Manutenibilità
  - Estensibilità
  - Riusabilità

  del prodotto software

Cohesion/Coupling rispetto a Modularità



Modularità e costo del software



Coesione

- Per eseguire una *funzione* sono necessarie varie *azioni*.
- Le azioni possono essere concentrate in un singolo modulo oppure sparse tra tanti.
- Coesione di un modulo = Misura in cui il modulo espleta *internamente* tutte le azioni necessarie a espletare una data funzione (cioè senza interagire con le azioni interne ad altri moduli).
- Coesione misura dunque il grado di *interazione interna* al modulo tra le azioni di una funzione.

Livelli di Coesione
(*1* è il peggiore, *7* il migliore)

1. **Coincidental** (nessuna relazione tra gli elementi del modulo).
2. **Logical** (elementi correlati, di cui uno viene selezionato dal modulo chiamante)
3. **Temporal** (relazione di ordine temporale tra gli elementi).
4. **Procedural** (elementi correlati in base ad una sequenza predefinita di passi da eseguire).
5. **Communicational** (elementi correlati in base ad una sequenza predefinita di passi che vengono eseguiti sulla stessa struttura dati).
6. **Informational** (ogni elemento ha una porzione di codice indipendente e un proprio punto di ingresso ed uscita; tutti gli elementi agiscono sulla stessa struttura dati).
7. **Functional** (tutti gli elementi sono correlati dal fatto di svolgere una singola funzione)

Livelli di Coesione (2)

optimal for the structured paradigm

optimal for the OO paradigm

7.	Functional cohesion	(Good)
	Informational cohesion	
5.	Communicational cohesion	
4.	Procedural cohesion	
3.	Temporal cohesion	
2.	Logical cohesion	
1.	Coincidental cohesion	(Bad)

Coincidental Cohesion: example

- Module functions:
  - print next line
  - invert characters of the second string parameter
  - add 7 to the fifth parameter
  - perform *int-double* conversion to the fourth parameter

Logical Cohesion: example

module performing all input and output
1. Code for all input and output
2. Code for input only
3. Code for output only
4. Code for disk and tape I/O
5. Code for disk I/O
6. Code for tape I/O
7. Code for disk input
8. Code for disk output
9. Code for tape input
10. Code for tape output
⋮ ⋮ ⋮
37. Code for keyboard input

Temporal Cohesion: example

- Module functions:
  - Open *old_master_file*
  - Open *new_master_file*
  - Open *transaction_file*
  - Open *print_file*
  - Initialize *sales_region_table*
  - Read first *transaction_file* records
  - Read first *old_master_file* record

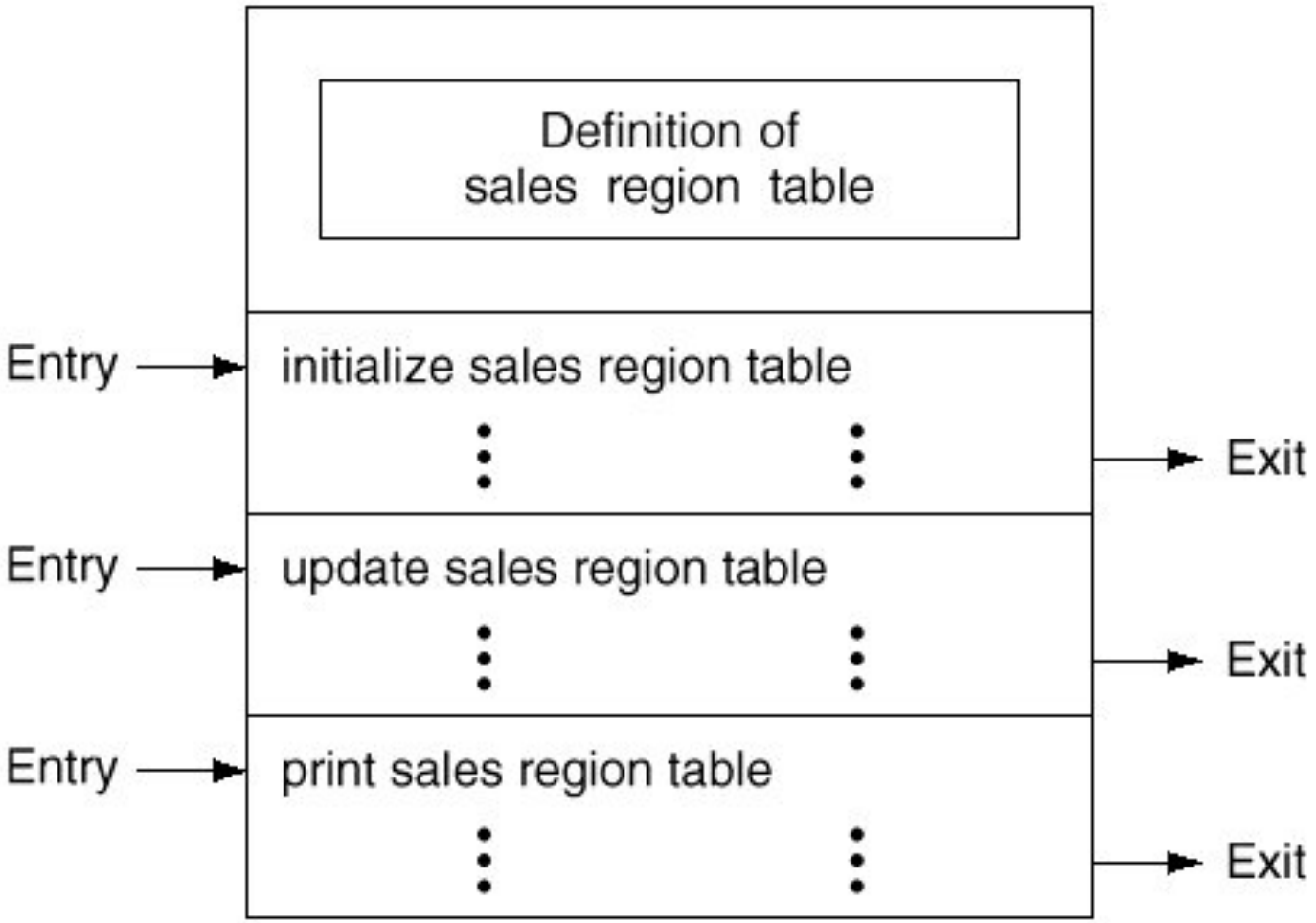
Procedural Cohesion: example

- Module functions:
  - Read *part_number* from database
  - Use *part_number* to update *repair_record* on *maintenance_file*

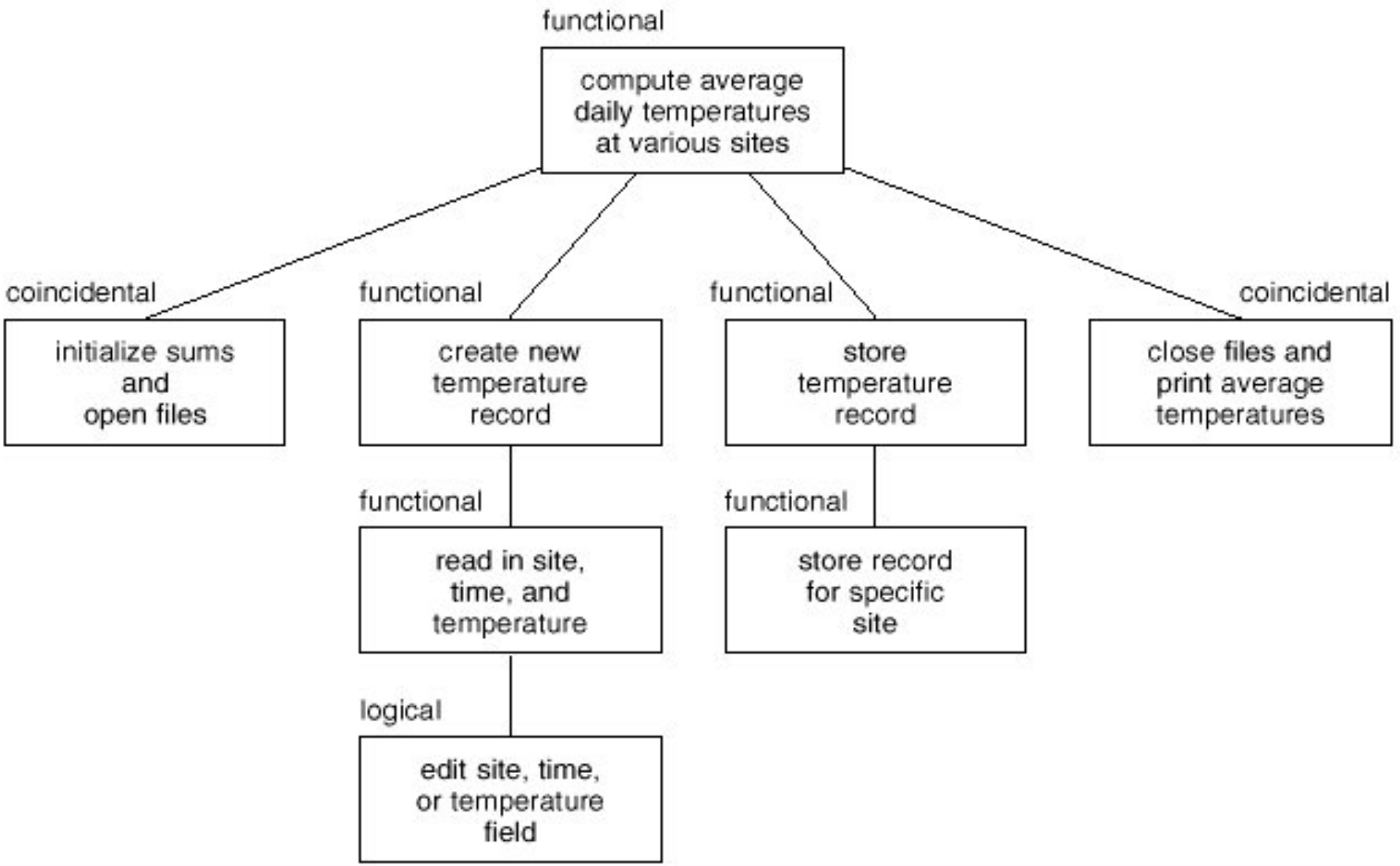
Communicational Cohesion: example

- Ex. 1: module functions
  - Update *record_a* in database
  - Write *record_a* to the *trajectory_file*
- Ex. 2: module functions
  - Calculate *new_trajectory*
  - Send *new_trajectory* to the printer

Informational Cohesion: example



Example Structure Chart & Modules Cohesion



Coupling

- Misura il grado di *accoppiamento* tra moduli
- Livelli di *coupling* (*1* è il peggiore, *5* il migliore):
  1. **Content** (un modulo fa diretto riferimento al contenuto di un altro modulo).
  2. **Common** (due moduli che accedono alla stessa struttura dati)
  3. **Control** (un modulo controlla esplicitamente l'esecuzione di un altro modulo).
  4. **Stamp** (due moduli che si passano come argomento una struttura dati, della quale si usano solo alcuni elementi).
  5. **Data** (due moduli che si passano argomenti omogenei, ovvero argomenti semplici o strutture dati delle quali si usano tutti gli elementi).

Factors affecting Coupling

Strength of coupling depends on:

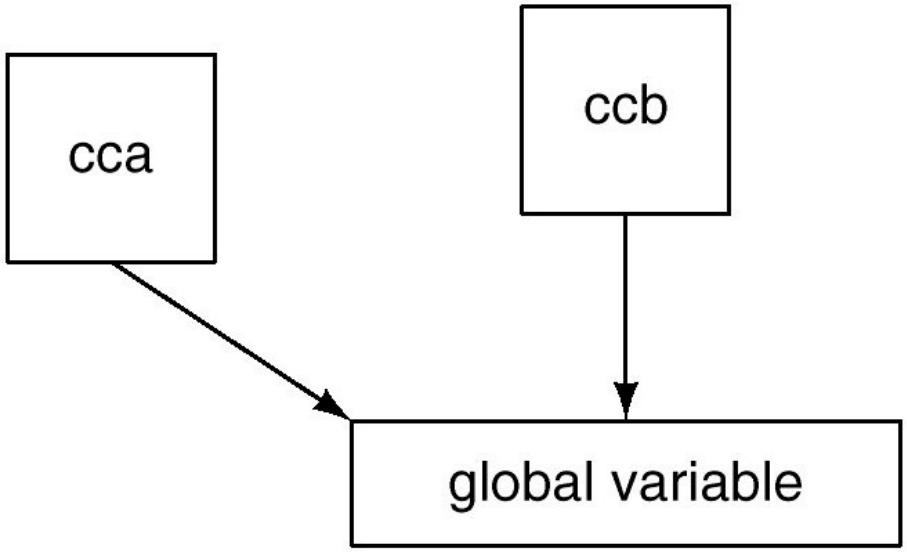
- the number of references of one module by another
- the amount of data passed/shared between modules
- the complexity of the interface between modules
- the amount of control exercised by one module over another

Content Coupling: example

$p \rightarrow q$

- Ex. 1: module *p* modifies a statement of module *q*
- Ex. 2: *p* refers to local data of module *q* in terms of some numerical displacement within *q*
- Ex. 3: *p* branches to a local label of *q*

Common Coupling: example

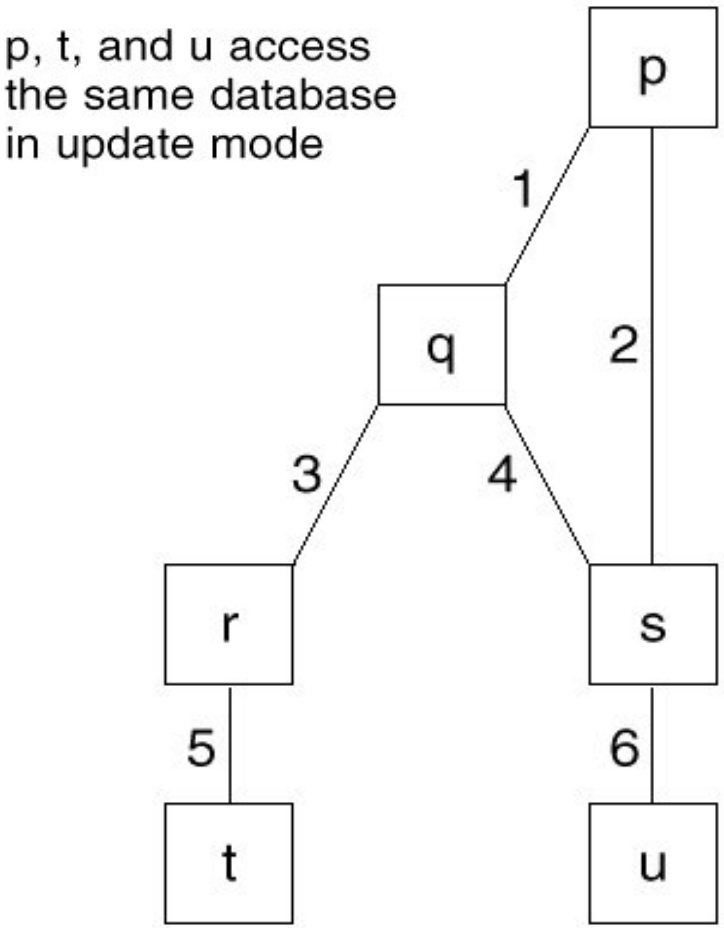



```
while (global variable == 0)
{
   if (argument xyz > 25)
      module 3 ();
   else
      module 4 ();
}
```

Control Coupling: example

- Module *p* calls module *q*
  - and asks *q* to perform an action,
  - *q* passes back a flag (e.g. “task not completed”)
  - and also asks *p* to perform an action (e.g. “print an error message”)

Example Structure Chart & Modules Coupling



parameters

number	In	Out
1	aircraft type	status flag
2	—	list of aircraft parts
3	function code	—
4	—	list of aircraft parts
5	part number	part manufacturer
6	part number	part name

coupling

	q	r	s	t	u
p	Data	—	Data or Stamp	Common	Common
q		Control	Data or Stamp	—	—
r			—	Data	—
s					Data

Information hiding

- I concetti di astrazione procedurale e astrazione dei dati sono derivati da un concetto più generale detto *information hiding*, introdotto da Parnas (1971)
- La tecnica di *information hiding* consiste nel definire e progettare i moduli in modo che i dettagli implementativi (procedura e dati) non siano accessibili ad altri moduli che non abbiano necessità di conoscere tali dettagli
- I vantaggi della tecnica di *information hiding* si riscontrano quando è necessario apportare modifiche (fasi di *testing* e *manutenzione*)

Esempio di *information hiding*

Esempio di tipo di dato astratto (*classe C++*) realizzato con *information hiding*

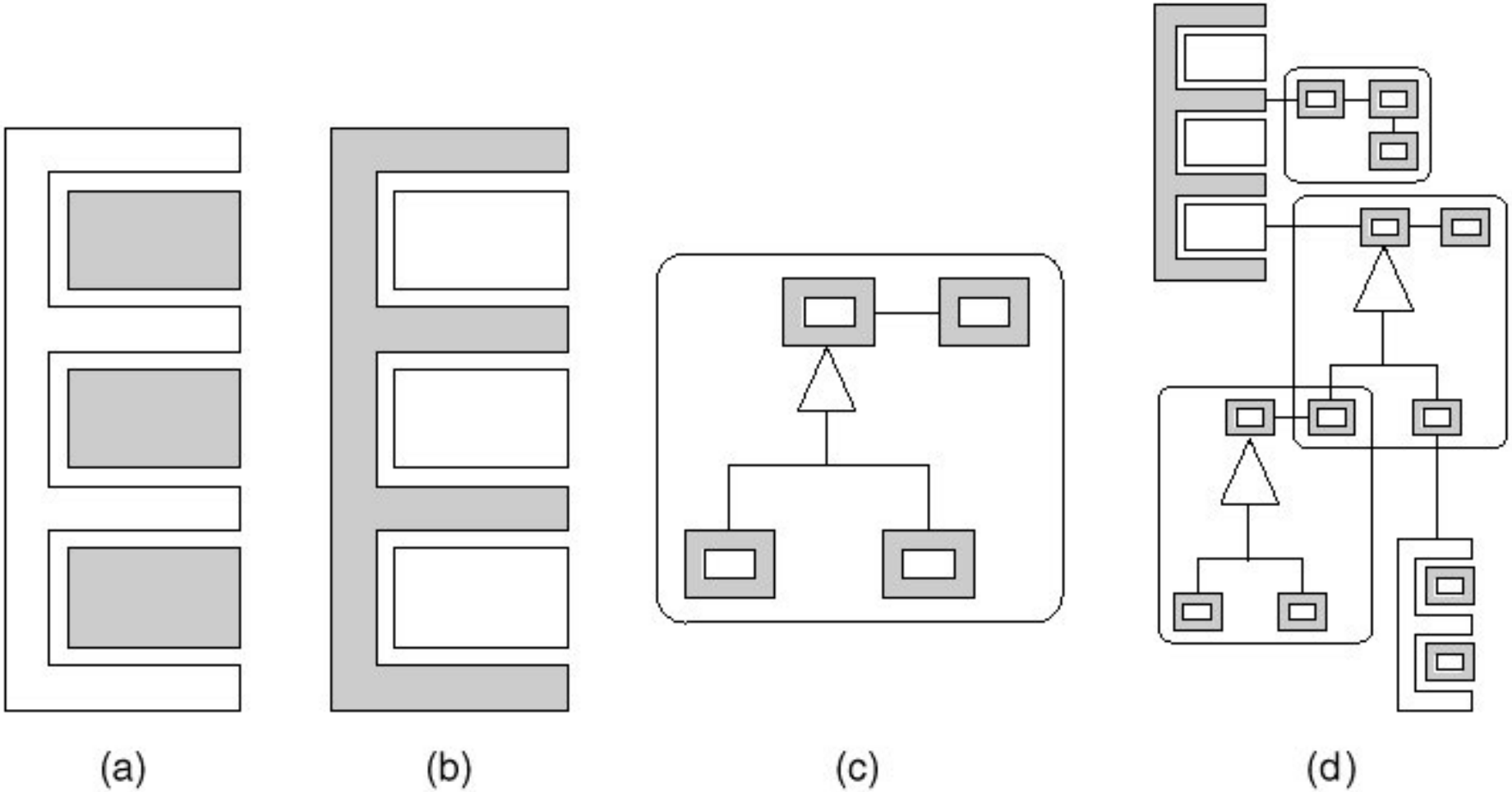
```
class JobQueue
{
   // attributes
   private:
      int      queueLength;      // length of job queue
      int      queue[25];        // queue can contain up to 25 jobs

   // methods
   public:
      void initializeJobQueue()
      {
         ....
      }
      void addJobToQueue (int jobNumber)
      {
         ....
      }
      void removeJobFromQueue (int& jobNumber)
      {
         ....
      }
} // class JobQueue
```

Riusabilità

- La riusabilità fa riferimento all'utilizzo di componenti sviluppati per un prodotto all'interno di un prodotto differente
- Per componente riusabile si intende non solo un modulo o un frammento di codice, ma anche progetti, parti di documenti, insiemi di test data o stime di costi e durata
- Vantaggi:
  - netta diminuzione di costi e tempi di produzione del software
  - incremento dell'affidabilità dovuto all'uso di componenti già convalidati
- La riusabilità nella fase di progetto si applica a:
  (a) *moduli software*
  (b) *application framework*, che incorpora la logica di controllo di un progetto
  (c) *design pattern*, che identifica una soluzione di progetto ricorrente in applicazioni dello stesso tipo
  (d) *architetture software* comprendenti (a), (b) e (c)

Riusabilità (2)



moduli software

application framework

design pattern

architettura software