Ingegneria del Software
Codifica, Test e Collaudo

Obiettivi.
Approfondire le fasi di codifica, test e collaudo.
Definire le fasi di verifica e certificazione.
Descrivere le strategie di test e collaudo.
Presentare i vari livelli di test.
Rispondere alla domanda: come si sceglie l'input per un test?
Analizzare due tecniche di testing: black-box e strutturale.

Fulvio Sbroiavacca

Codifica (1)

- Al termine della fase di progettazione, ma anche in parallelo, si passa alla fase di codifica
- *La fase di progettazione ha portato alla scomposizione del sistema in un insieme di moduli* (progetto statico)
  ed all'effettuazione di scelte circa la loro realizzazione
  (progetto dettagliato)
- Il linguaggio dovrebbe essere scelto alla fine della fase di progettazione
- Ogni modulo viene affidato ad una squadra di programmatori per la stesura del codice
- Durante la codifica si utilizza normalmente una metodologia (ad es. programmazione strutturata)

Codifica (2)

- Di solito in una tipica azienda di produzione software vengono utilizzati un numero limitato di linguaggi

- L'ambiente aziendale impone inoltre al programmatore una serie di **standard**:
  - l'utilizzo di un linguaggio
  - uno stile di programmazione,
    cioè convenzioni su nomi, identazione, dichiarazioni ecc.
  - determinate modalità di documentazione
  - un insieme di regole di conservazione del codice

Strumenti per la codifica

- Gli strumenti di ausilio al programmatore:
  - interprete, per il debugging interattivo
  - editor guidato della sintassi
  - dizionario dei dati
    (ad es. per l'identificazione di omonimie di variabili)
  - cross referencing (generatore di riferimenti incrociati), spesso accoppiato al dizionario dei dati (ad es. per trovare tutti i posti nei quali viene utilizzata una determinata variabile)
  - browser, per la visualizzazione grafica della struttura del programma con la possibilità di accedere direttamente ad ogni unità
  - generatore di rapporti per la documentazione
- *Generalmente si tratta di un ambiente di sviluppo che poggia su un database, che permette il riutilizzo del software*

Test e Collaudo

- La fase di Test e Collaudo serve a verificare che il prodotto software sia corretto
  - è una fase lunga e costosa,
    può incidere anche per il 50% sul costo del prodotto software
- Si compone di due momenti distinti
  - **Verifica (verification)**, viene svolta all'interno dell'azienda del produttore
    - serve a scoprire se il prodotto realizzato funziona correttamente
    - viene confrontato con il documento delle specifiche e con il progetto di dettaglio
    - si cerca di rispondere alla domanda: *"Are we building the product right?"*
  - **Certificazione (Validation)**, viene svolta nell'ambiente finale, davanti al cliente
    - si verifica che sia stato ottenuto il prodotto richiesto
    - viene fatto il confronto con il documento dei requisiti
    - si cerca di rispondere alla domanda: *"Are we building the right product?"*

Tecniche di verifica del software (1)

- Vi sono diverse tecniche per verificare un prodotto software

- **Tecniche statiche**
  - Viene verificata la correttezza del programma senza eseguirlo
    - Verifiche informali, in base all'esperienza
    - Verifiche formali, utilizzando tecniche matematiche
- **Tecniche dinamiche e testing**
  - Il codice viene eseguito su opportuni dati campione
    per individuare discrepanze tra il comportamento atteso e quello effettivo
- **Ispezione del codice**
  - Può apparire come una tecnica primitiva,
    ma invece è molto efficace nel rilevamento degli errori

Tecniche di verifica del software (2)

- Una verifica dinamica può rilevare la presenza di errori, ma non la loro assenza
- **Non si può avere la certezza assoluta della correttezza del prodotto software**:
  - La prova di correttezza può a sua volta essere sbagliata
  - Può essere provata la correttezza relativamente alle specifiche funzionali, ma non si può stabilire se le specifiche non funzionali (ad es. le prestazioni) siano state soddisfatte
- Tutte le tecniche non vanno utilizzate in modo esclusivo ma è vantaggioso integrarle:
  sono tecniche complementari

Qual è l'obiettivo della fase di test?

- L'obiettivo di questa fase non deve essere quello di far vedere che il software non contiene errori
- *L'obiettivo è trovare il maggior numero possibile di errori*
- E' utopistico aspettarsi che il codice venga prodotto senza errori
- Per raggiungere questo scopo non è opportuno far testare il codice allo stesso team che lo ha prodotto:
  - *si assegna di solito un team specifico per il test*

Operazioni di test (1)

- La fase si effettua a vari livelli e consiste in operazioni distinte
- Test di **unità**
  - Un unità è il più piccolo blocco di software che ha senso collaudare, (ad es. una singola funzione di basso livello che viene verificata come un'entità a se stante)
- Test di **modulo**
  - Un modulo è un insieme di unità interdipendenti
- Test di **sottosistema**
  - Un sottosistema è un aggregato significativo di moduli spesso progettati da team diversi, vi possono essere problemi di interfaccia che devono essere risolti
- Test di **sistema** o **integrazione**
  - Si tratta del test del prodotto completo

Operazioni di test (2)

- **α-test**
  - Se il sistema è sviluppato per un unico cliente,
    viene portato nel suo ambiente finale
    e collaudato con i dati sui quali dovrà normalmente operare
- **β-test**
  - Se il sistema viene distribuito ad una comunità di utenti,
    viene dato in prova a più utenti,
    che lo utilizzano e forniscono al produttore
    le loro osservazioni ed il rilevamento degli errori riscontrati
- **Benchmark**
  - Il sistema viene testato su dati standardizzati e di pubblico dominio
    per il confronto con altri prodotti equivalenti già presenti sul mercato
  - Può venire richiesto per contratto

Operazioni di test (3)

- **Stress testing**
  - Si verifica come si comporta il sistema quando è sovraccarico di lavoro, portandolo al limite
  - Questo test sotto sforzo permette di causare un errore (da stress) e verificare che il sistema fallisca in un modo accettabile (fail-soft)

Testing e Debugging

- Testing e debugging sono due concetti diversi

- Il **Testing** serve a **rilevare la presenza di un errore**
- Il **Debugging** consiste nella **localizzazione dell'errore, della sua analisi e della sua correzione**

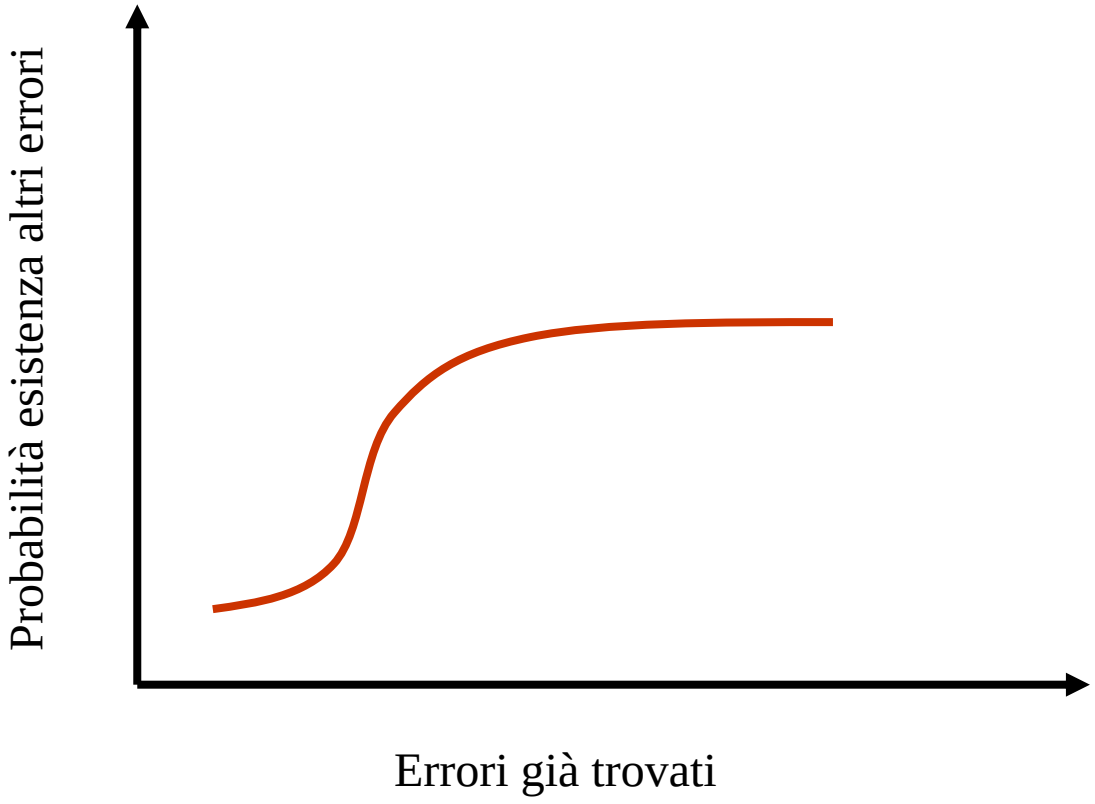
- **Test di regressione**
  - Terminato il debugging si fa seguire il test di regressione
    - si verifica il comportamento del modulo che è stato corretto nei confronti dei moduli con i quali coopera
    - assicurandosi che la correzione dell'errore non abbia introdotti nuovi errori

Distribuzione degli errori

- Esistono molti studi sulla **distribuzione di errori**
- Gli errori tendono a concentrarsi in certi moduli,
  generalmente quelli più “complessi”
- Un modulo che presenti molti errori va verificato con attenzione
  - *probabilmente ne conterrà altri*
- Secondo alcuni studi statistici
  la probabilità che vi siano altri errori “latenti”
  cresce con il numero di errori già trovati
  secondo una curva di tipo *“logistico”*

Distribuzione degli errori

Probabilità esistenza altri errori rispetto a quelli trovati

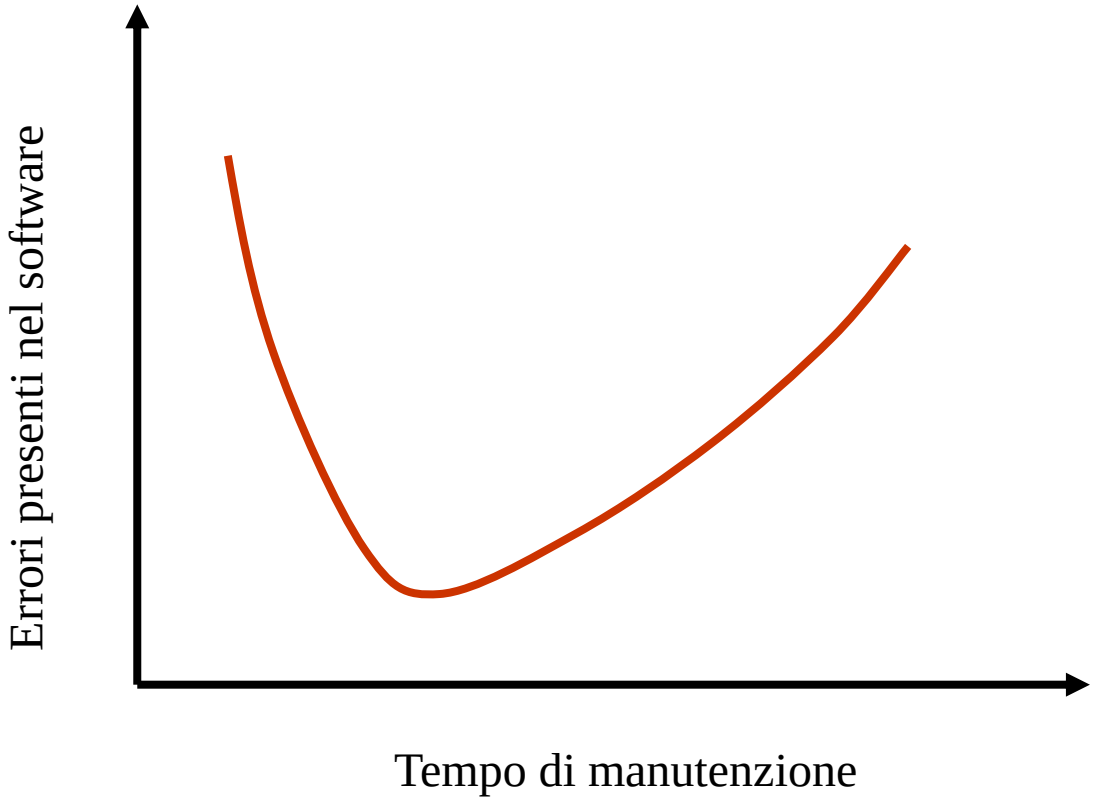


Errori indotti dalla manutenzione

- Nell'attività di **manutenzione**, sia rivolta a modifiche evolutive sia alla correzione di errori, si introducono **nuovi errori**
  - Molte delle decisioni prese inizialmente dal programmatore non vengono documentate, non sono evidenti dal codice, altre decisioni prese successivamente in fase di modifica tendono ad essere dimenticate da chi le ha fatte, oltre ad essere sconosciute agli altri
- Modificare una parte di codice scritto da altri, o semplicemente "datato", con lo scopo di eliminare errori, porta facilmente ad introdurre ulteriori errori
- La curva tipica degli errori in funzione del tempo di manutenzione tende spesso a seguire una curva di tipo quasi *parabolico*
  - inizialmente si ha una riduzione del numero di errori
  - al passare del tempo di manutenzione i continui interventi tendono ad introdurre nuovi errori
- *Quando un modulo è soggetto a continua manutenzione va programmata una riprogettazione per ottimizzare manutenibilità ed estendibilità*

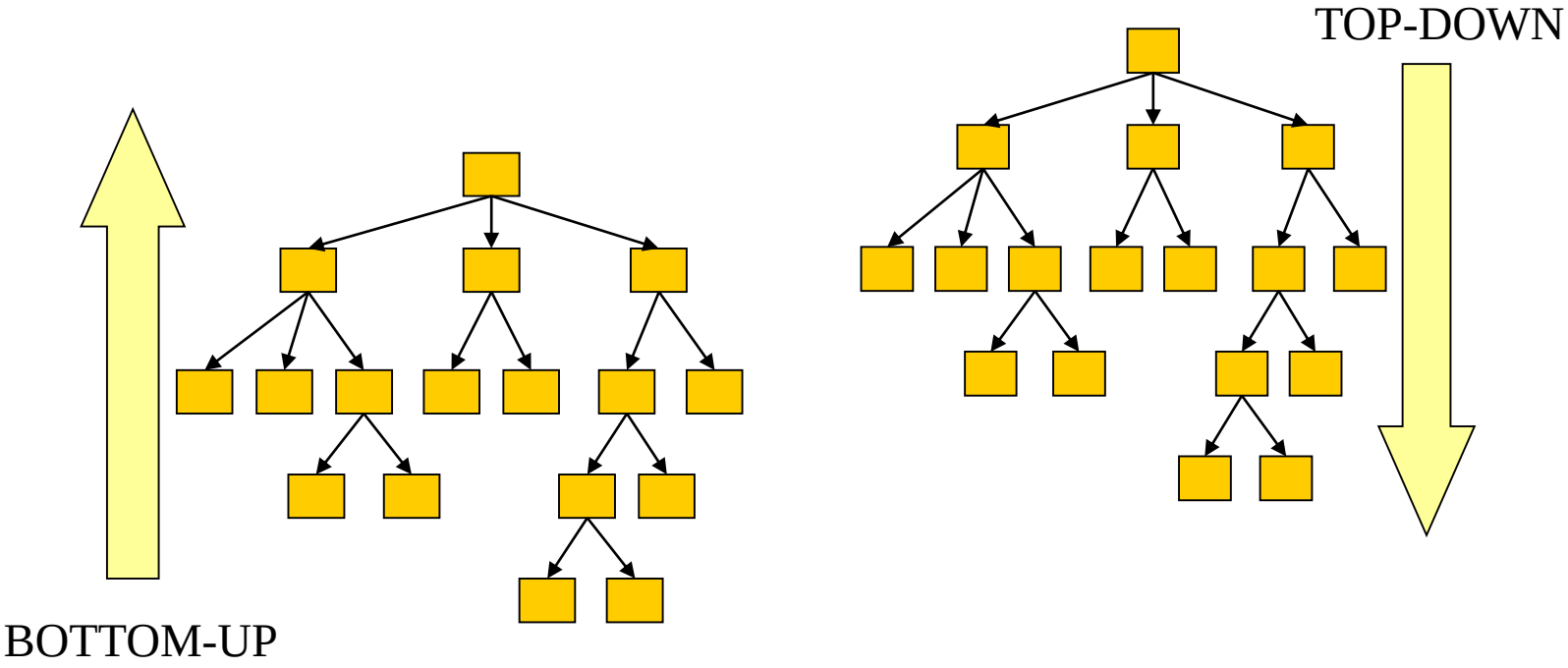
Distribuzione degli errori

Errori indotti dalla manutenzione

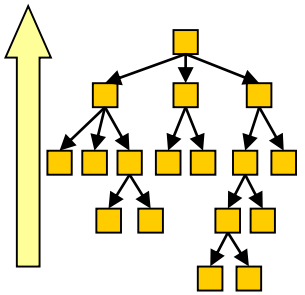


Strategia di test

- Come la progettazione anche il test può essere effettuato top-down oppure bottom-up

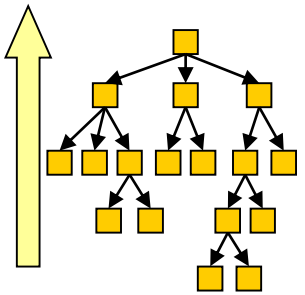


Strategia di test bottom-up



- Vengono prima collaudati i moduli di più basso livello nella gerarchia prodotta dalla progettazione
  - si tratta cioè delle unità più piccole ed elementari che compongono il programma
- Quando sono valutati corretti si passa al livello superiore
  - che viene testato utilizzando le funzionalità del precedente livello
- Si risale quindi così fino al sistema intero
- Si tratta di un approccio che richiede alcune complicazioni
  - generalmente sono necessari dei **driver**, cioè del software ausiliario che simula la chiamata ad un modulo generando dati da passare come parametri
  - i driver fanno le veci della parte di codice non ancora integrata nella porzione testata del programma: la parte alta della gerarchia dei moduli

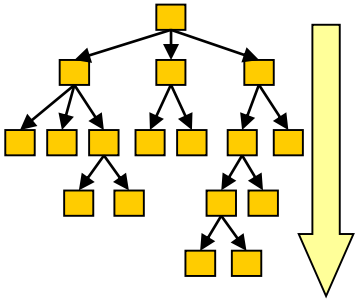
Strategia di test bottom-up
vantaggi e svantaggi



- Il processo di test ed integrazione delle unità è intuitivamente più **semplice** da realizzare

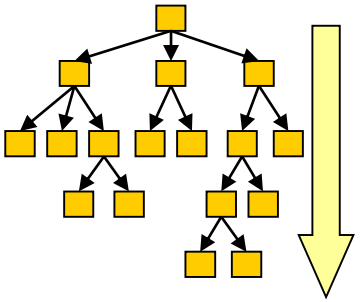
- Più tardi viene scoperto un errore,
  più è costoso eliminarlo,
  in quanto richiede la sua correzione,
  solitamente con un modulo foglia
  e la ripetizione parziale del test fino ai moduli
  nei quali è stato trovato l'errore

Strategia di test top-down



- Inizialmente si testa il modulo corrispondente alla radice
  - senza utilizzare gli altri moduli del sistema
- Al posto degli altri moduli del sistema vengono utilizzati dei **simulatori**, detti **stub**
  - si tratta di elementi che possono restituire risultati casuali
  - richiedere i dati al collaudatore
  - possono essere una versione semplificata del modulo
- Dopo aver testato il modulo radice della gerarchia si integrano i suoi figli diretti
  - simulando i loro discendenti per mezzo di stub
- Si prosegue in questo modo fino a quando non vengono integrate tutte le foglie della gerarchia

Strategia di test top-down vantaggi e svantaggi



- Vengono scoperti prima gli errori più costosi da eliminare
- Ciò risulta particolarmente utile se
  la progettazione è anch'essa di tipo top-down
  e le fasi di progettazione, realizzazione e test sono parzialmente sovrapposte:
  - un errore di progetto nella parte alta della gerarchia
    può essere scoperto e corretto
    prima che venga progettata la parte bassa
- *In ogni istante è disponibile un sistema incompleto ma funzionante*

- Gli stub possono essere **costosi** da realizzare

Qual è la migliore strategia di test?

- Come già per la progettazione, viene solitamente adottata una soluzione di compromesso tra le due strategie, per attenuare gli inconvenienti che ognuna presenta
- Non è conveniente integrare ad ogni passo il maggior numero possibile di moduli
  - ad esempio in una strategia bottom-up testare i figli di un modulo e poi integrarli tutti assieme con il padre per testare questo, porta a codici non funzionanti senza una precisa idea di dove sia l'errore
- Risulta conveniente **introdurre i moduli testati uno alla volta**
  - si riesce in questo modo a localizzare meglio gli errori

- In generale è più conveniente effettuare **test frequenti e brevi**

Verifiche statiche

- Il punto critico del test è rappresentato dal **costo**
  - per contenerlo si cerca di migliorare il rapporto tra il costo e la potenza del test oppure affiancare il test con altre tecniche di verifica
- Una forma di verifica statica è l'**ispezione del codice**
- Permette di individuare tra il 60 % ed il 90 % degli errori che altrimenti si troverebbero solo durante il test con costi spesso più elevati
- L'ispezione può essere eseguita anche da un team specializzato, che disponga del documento delle specifiche, il cui compito è di segnalare ai programmatori gli errori, questi poi provvederanno a risolverli

- L'ambiente di codifica normalmente mette a disposizione degli strumenti automatici che analizzano il codice indicando gli errori (ad esempio la chiamata ad una funzione con un numero sbagliato di parametri)

Testing

- La sola ispezione del codice ovviamente non basta
  - non intercetta gli errori dovuti all'esecuzione del programmi
- I moduli vanno eseguiti su **campioni di dati**
  e si osserva il comportamento conseguente
- Il testing presenta due problemi
  - **Non è mai esaustivo**,
    non prova quindi la correttezza del codice
  - **È costoso**,
    in termini di uso delle macchine e di tempo umano

Test-case

- Per effettuare il test
  è necessario mettere a punto un insieme di **test-case**
  ognuno comprendente:
  - dati di **input** (test-data) per il modulo da testare
  - **descrizione della funzione** interna al modulo
  - **output** atteso dalla funzione
- Un test-case rappresenta una caratteristica, un requisito,
  conformi alle specifiche ed è utilizzato come unità per costruire un test
- E' completato da un set di metadati
  - stato (approvato, rifiutato, modificato)
  - contesto
  - collegamento alla specifica
  - …

Come si costruisce un test-case?

- Per costruire un test-case
  bisogna conoscere l'**output corretto**
  per un certo input della funzione in esame
- **Va ricavato dalle specifiche**
  e dai documenti prodotti dalla progettazione

- Al termine dell'esecuzione dell'input,
  l'output ottenuto viene memorizzato assieme al test-case
  e viene confrontato con l'output atteso

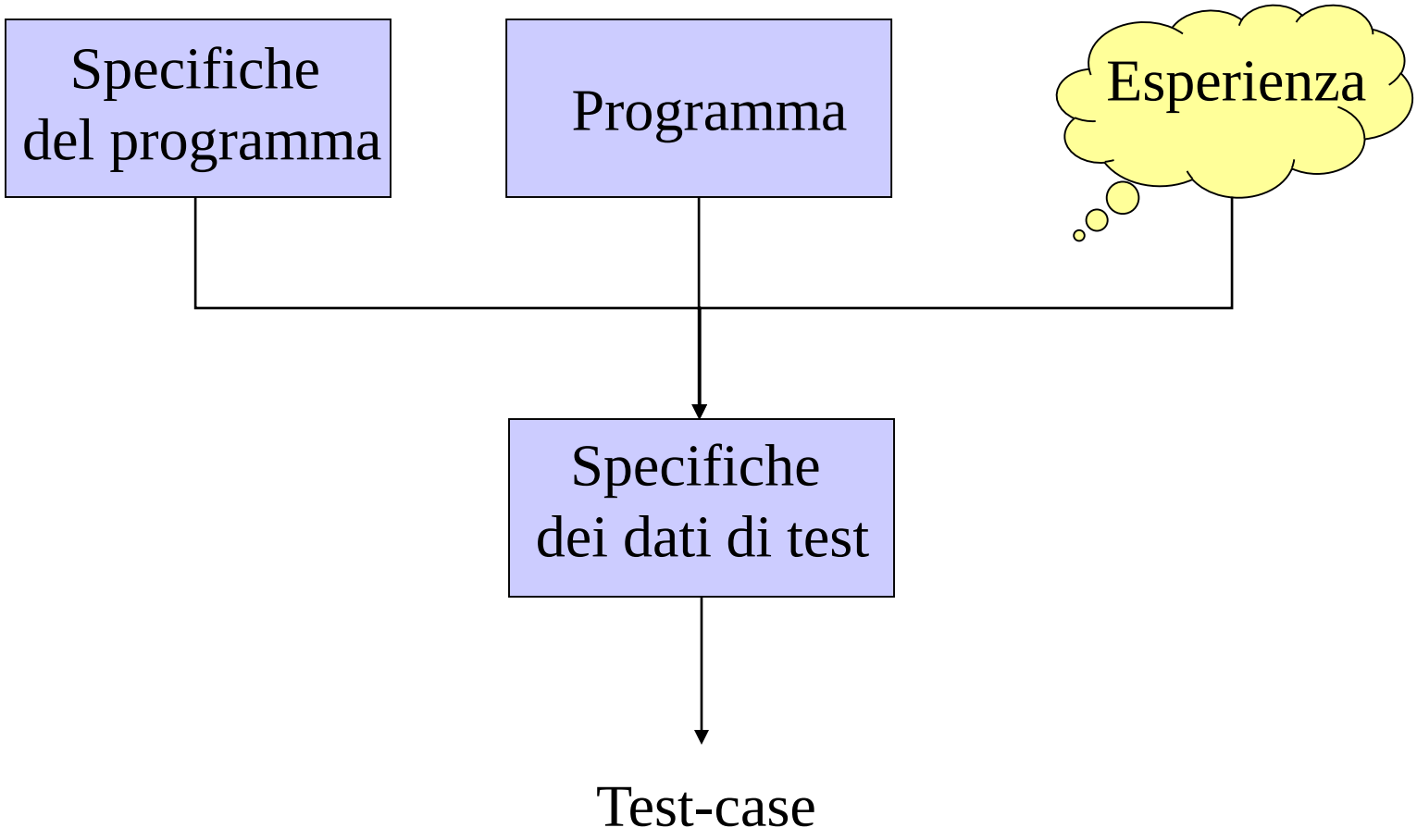
- Il test deve essere **ripetibile**
  - per le fasi di test
    che si presentano in momenti successivi
    della vita del software

Come si sceglie l'input?

- La prima idea è di generare l'input **casualmente**
- Questa tecnica ha lo svantaggio di non essere molto uniforme per piccoli campioni
  - per avere una certa sicurezza bisogna generare molti test-data

- Sono necessari dei criteri migliori di scelta dell'input
- Il team dei collaudatori
  deve decidere le caratteristiche dei dati di test in base
  - al **programma**,
  - alle **specifiche**,
  - all'**esperienza**

Generazione dei Test-case



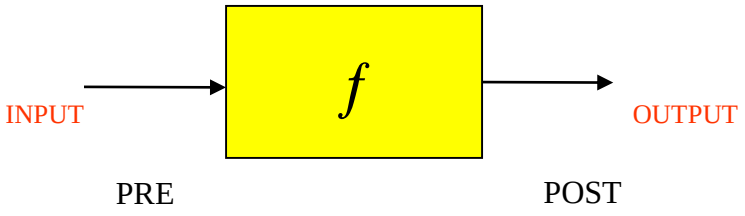
Due modi di procedere

- **Testing a scatola nera (black-box testing)**
  - Si ricavano le specifiche dei dati in input partendo solo dalle specifiche del programma
  - Senza considerare il codice
- Normalmente è utilizzato per i primi test
- Ha il vantaggio di essere accessibile al cliente (che non vede il codice)

- **Testing strutturale**
  - Si ricavano le specifiche dei dati di test guardando anche il codice
- Generalmente è migliore del precedente

Black-box testing

- La scelta dei dati di input si basa solamente sulle specifiche del programma
  - ad ogni funzione si fa corrispondere una descrizione più o meno formale dei suoi input corretti, dell'output che dovrebbe essere emesso e della funzione stessa
  - ad esempio una funzione che restituisce la data accetta in input il giorno, il mese nei rispettivi range di 1:31, 1:12
- L'idea del Black-box testing è di
  partizionare l'insieme degli input ammissibili in classi di equivalenza
  in modo che all'interno di ogni classe,
  ogni dato abbia lo stesso **potere di testing**
- L'esperienza determina i criteri di scelta
  - **almeno un dato interno ad ogni classe**
  - **tutti i dati di frontiera**



Black-box testing e classi di equivalenza

- Alcuni criteri per determinare le **classi si equivalenza**
- Per una variabile v definita in un intervallo a…..b
  avremo tre classi $v < a$; $a \leq v \leq b$; $v \geq b$
- Per le variabili intere vi è un'unica classe
  - l'esperienza suggerisce di utilizzare anche il valore 0 ed un valore negativo
- Per le stringhe alfanumeriche la determinazione delle classi e dei valori di frontiera dipendono dalle restrizioni sul formato della stringa
  - ad esempio: la stringa vuota, quella contenente solo caratteri, quella che contiene dei numeri, ecc.

- Un problema di questo metodo
  - la combinazione dei dati di test per tutte le componenti di input porta ad un **numero enorme di test-case**

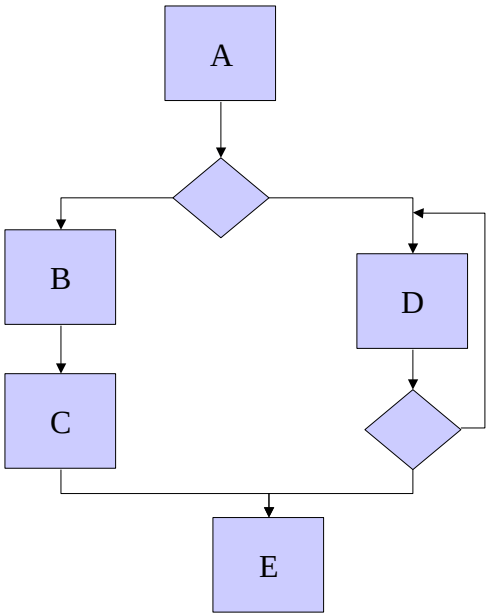
Testing strutturale

- La scelta dell'input avviene in base alla struttura del programma
  - viene determinato il flusso di controllo del programma ed espresso sotto forma di **flow-chart**
- L'idea del Testing strutturale è di **utilizzare i dati di test che portino a tutte le computazioni possibili**
- Si cercano le combinazioni di dati per tutte le combinazioni di cammini nel flow-chart
- Nel caso di cicli si prendono almeno due test-data
  - uno che esegue il ciclo
  - ed uno che non lo esegue

Tipi di Test

L'esempio del Test strutturale

- Viene condotto in base alla struttura del sistema
  - si determina il flusso di controllo sotto forma di flow-chart
  - si utilizzano i dati di test che portano a tutte le possibili combinazioni di cammini nel flow-chart



- Ad es. può essere utilizzato nel test di Siti Web
  - applicato alle pagine
  - verificando tutti i percorsi attraverso i link

Strumenti automatici (Test Automation)

- Il test può essere semplificato utilizzando **strumenti di testing automatizzati**

- Questi strumenti forniscono diversi supporti, fondamentali per la ripetibilità dei test
  - Gestione dei test-case
  - Gestione dei test-data
  - Memorizzazione dei test effettuati
  - Reporting analitico

- Il test automatizzato non può sostituire sempre del tutto il test manuale
  - alcune verifiche sono più efficaci se eseguite manualmente (verifiche del layout grafico e dell'usabilità del prodotto)

Casi di Test Automation

- **Test funzionali** di un prodotto
  - necessità di ripetere lo stesso test molte volte
  - differenti valori dei dati in ingresso
  - configurazioni differenti
- **Nuovi rilasci** del prodotto
  - verifica che le modifiche apportate non abbiano introdotto delle regressioni
- Il test eseguito manualmente rende particolarmente costoso il processo
  - vincoli di costo e di tempo portano alla non esecuzione di test compromettendo la qualità del prodotto
- Automatizzare il test ne riduce drasticamente il costo
  - aumenta il costo iniziale di progettazione che viene però ripagato dal risparmio di tempo nelle numerose riesecuzioni automatiche dei casi di test
  - operazioni ripetitive di verifica portano facilmente ad errori umani,
    il test automatico esegue le stesse operazioni più volte con esattezza e precisione

Simulatori

- Il software più difficile da testare riguarda situazioni di eccezione o che presentano pericolosità: in questi casi vengono utilizzati dei simulatori dell'ambiente nel quale opererà il software
- Un **simulatore** è un programma ausiliario
  (che non verrà quindi utilizzato al termine del processo di sviluppo)
  che imita le azioni di un altro programma o di un comportamento hardware o di ambiente
  - viene utilizzato per testare prodotti il cui malfunzionamento può provocare danni o catastrofi (ad esempio un programma per la gestione di un reattore nucleare)
  - serve anche a provare il sistema in condizioni di carico particolare (stress-testing), difficilmente ottenibili se non in particolari condizioni dell'ambiente finale
- La costruzione di simulatori ovviamente incide notevolmente sul costo del prodotto finito