Progettazione orientata agli oggetti

Obiettivi del capitolo

- Conoscere il ciclo di vita del software
- Imparare a individuare nuove classi e metodi
- Capire l'utilizzo delle schede CRC per l'identificazione di classi
- Sapere individuare le relazioni di ereditarietà, aggregazione e dipendenza tra le classi
- Usare al meglio i diagrammi UML per descrivere le relazioni tra classi
- Imparare a usare la progettazione orientata agli oggetti per programmi complessi

Per realizzare con successo un sistema software, che si tratti di una cosa semplice come la prossima esercitazione che svolgerete a casa o di un progetto complesso come un nuovo sistema per il controllo del traffico aereo, è indispensabile un certo impegno per la pianificazione, la progettazione e il collaudo. In effetti, per i progetti di maggiori dimensioni, la quantità di tempo che si dedica alla pianificazione supera di gran lunga il tempo che si impiega per la programmazione e il collaudo.

Se vi accorgete che la maggior parte del tempo che dedicate alle esercitazioni la passate davanti al computer, digitando codice sorgente e correggendo errori, vuol dire che state probabilmente impiegando per le vostre esercitazioni più tempo di quello che dovreste: potreste ridurre l'impegno complessivo dedicando più tempo alla fase di progettazione e pianificazione. Questo capitolo vi spiega come affrontare questi compiti in modo sistematico.

1 Il ciclo di vita del software

Il ciclo di vita del software comprende tutte le fasi, dall'analisi iniziale all'obsolescenza.

In questo paragrafo ci occuperemo del *ciclo di vita del software*: le attività che si svolgono dal momento in cui un programma software viene concepito per la prima volta a quello in cui viene ritirato definitivamente.

Un procedimento formale per lo sviluppo del software descrive le fasi del processo di sviluppo e fornisce linee guida su come portare a termine ciascuna fase.

Di solito un progetto software inizia perché un cliente ha qualche problema ed è disposto a pagare per farselo risolvere. Il Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti, cliente di molti progetti di programmazione, fu uno dei primi a proporre un *procedimento formale* per lo sviluppo del software. Un procedimento formale identifica e descrive diverse fasi e fornisce linee guida su come procedere in queste fasi e quando passare da una fase alla successiva.

Molti ingegneri del software scompongono il processo di sviluppo nelle seguenti cinque fasi:

- Analisi
- Progettazione
- Implementazione
- Collaudo
- Installazione

Nella fase di *analisi* si decide *che cosa* il progetto dovrebbe realizzare; non si pensa ancora a *come* il programma realizzerà i suoi obiettivi. Il prodotto della fase di analisi è un *elenco di requisiti*, che descrive in tutti i particolari che cosa il programma sarà in grado di fare una volta che sarà stato portato a termine. Questo elenco di requisiti potrà articolarsi in parte in un manuale per l'utente, che dice in che modo l'utente utilizzerà il programma per ricavarne i vantaggi promessi. Un'altra parte del documento imposterà criteri per le prestazioni: quanti dati in ingresso il programma dovrà essere in grado di gestire e in quali tempi, oppure quali saranno i suoi fabbisogni massimi di memoria e di spazio su disco.

Nella fase di *progettazione* si sviluppa un piano che descrive in che modo verrà realizzato il sistema. Si scoprono le strutture che sottendono il problema da risolvere. Se ricorrete alla progettazione orientata agli oggetti, stabilite di quali classi avrete bi-

sogno e quali saranno i loro metodi più importanti. Il risultato prodotto da questa fase è una descrizione delle classi e dei metodi, completa di diagrammi che mostrano le relazioni fra le classi.

Nella fase di *implementazione* (o *realizzazione*) si scrive e si compila il codice sorgente per realizzare le classi e i metodi che sono stati individuati durante la fase di progettazione. Il risultato di questa fase è il programma finito.

Nella fase di *collaudo* si eseguono prove per verificare che il programma funzioni correttamente. Il risultato di questa fase è un documento scritto che descrive i collaudi che sono stati eseguiti e i loro risultati.

Nella fase di *installazione* gli utenti del programma lo installano e lo utilizzano per lo scopo per il quale è stato creato.

Il modello a cascata per lo sviluppo del software descrive un procedimento sequenziale di analisi, progettazione, realizzazione collaudo e installazione.

Quando, agli inizi degli anni Settanta, vennero definiti per la prima volta i procedimenti formali di sviluppo, gli ingegneri del software avevano un modello visivo molto semplice per queste fasi. Davano per scontato che, una volta portata a termine una fase, il suo risultato si sarebbe riversato sulla fase successiva, che a quel punto si sarebbe avviata. Questo modello dello sviluppo del software prese il nome di *modello a cascata* (si osservi la Figura 1).

In un mondo ideale il modello a cascata è molto attraente: prima pensate che cosa fare; poi pensate a come farlo; poi lo fate; poi verificate di averlo fatto giusto; quindi passate il prodotto al cliente. Però, quando veniva applicato rigidamente, il modello a cascata semplicemente non funzionava. Era sempre molto difficile ottenere una specifica perfetta dei requisiti. Capitava molto spesso di scoprire nella fase di progettazione che i requisiti non erano coerenti o che una leggera modifica dei requisiti avrebbe portato a un sistema che sarebbe stato al tempo stesso più facile da progettare e più utile per il cliente, ma siccome la fase di analisi era già terminata, i progettisti non avevano scelta: dovevano arrangiarsi con i requisiti che avevano ricevuto, errori compresi. Il problema si ripresentava durante l'implementazione. I progettisti erano magari convinti di conoscere il modo migliore per risolvere il problema, ma, quando il progetto veniva concretamente realizzato, il programma che ne risultava non era veloce come l'avevano pensato i progettisti. Il passo successivo è qualcosa che tutti ben conoscono. Quando il programma veniva passato al reparto controllo qualità per il collaudo, venivano scoperti molti bug che si sarebbero eliminati meglio rifacendo l'im-

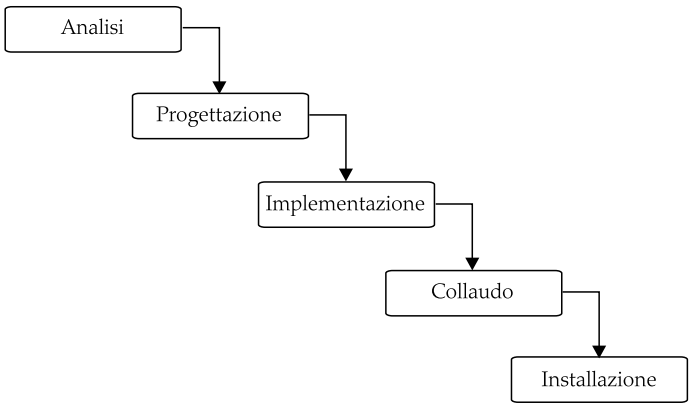


Figura 1
Il modello a cascata

plementazione, o addirittura riprogettando il programma, però questo il modello a cascata non lo consentiva. Infine, quando i clienti ricevevano il prodotto finito, molto spesso non ne erano affatto soddisfatti. Sebbene i clienti di norma venissero molto coinvolti nella fase di analisi, loro stessi per primi non sapevano esattamente di che cosa avessero bisogno. Dopo tutto, può essere molto difficile descrivere come utilizzare un prodotto che non si è mai visto prima. Però, quando i clienti cominciavano a usare il programma, proprio allora iniziavano a rendersi conto di quello che gli sarebbe piaciuto avere. Naturalmente, arrivati a quel punto ormai era troppo tardi e dovevano arrangiarsi con quello che avevano.

Il modello a spirale per lo sviluppo del software descrive un processo iterativo in cui vengono ripetute fasi di progettazione e di realizzazione.

È chiaro che qualche livello di *iterazione* è necessario: ci deve essere un meccanismo che consenta di affrontare errori che derivano dalla fase precedente. Il *modello a spirale*, proposto da Barry Boehm nel 1988, scompone il processo di sviluppo in fasi multiple (osservate la Figura 2). Le prime fasi si concentrano sulla costruzione di *prototipi*: un prototipo è un piccolo sistema che illustra alcuni aspetti del sistema finale. Dato che i prototipi costituiscono un modello soltanto di una parte di un sistema e non devono resistere agli abusi degli utilizzatori, possono essere realizzati velocemente. Molto spesso si costruisce un *prototipo dell'interfaccia utente* che mostra l'interfaccia utente in azione: questo fornisce ai clienti una prima possibilità per acquisire familiarità con il sistema e per suggerire miglioramenti prima che l'analisi sia portata a termine. Altri prototipi possono avere il compito di mettere a punto le interfacce con sistemi esterni, verificare le prestazioni, e così via. Ciò che si impara dallo sviluppo di un prototipo può essere applicato nella successiva iterazione all'interno della spirale.

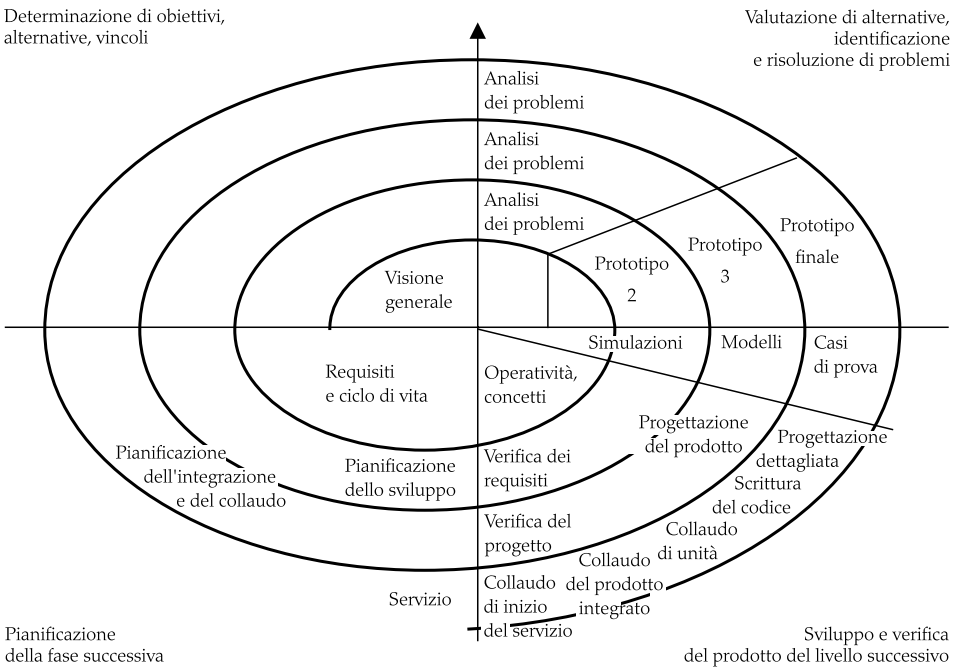


Figura 2
Il modello a spirale

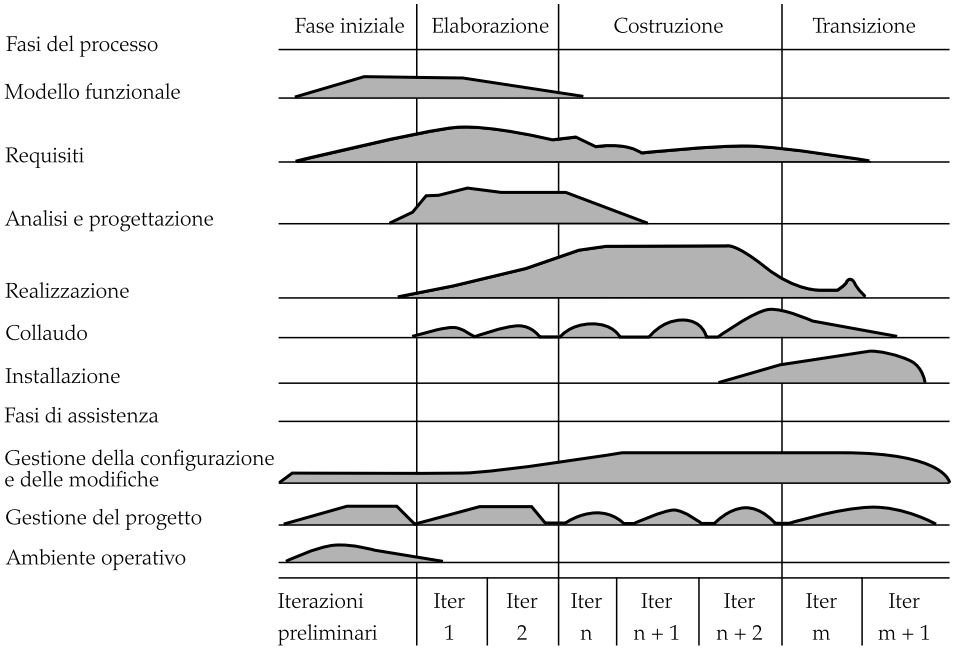


Figura 3
Livelli di attività nella metodologia del procedimento razionale unificato

Poiché costruisce il prodotto finale con ripetuti tentativi, un procedimento di sviluppo che segua il modello a spirale ha maggiori possibilità di mettere a punto un sistema soddisfacente. Tuttavia, c'è anche un pericolo. Se i progettisti sono convinti che non sia necessario fare un buon lavoro perché possono sempre eseguire un'altra iterazione, le iterazioni diventano molto numerose e ci vuole molto tempo per portare a termine l'intero processo.

La Figura 3 (tratta da [1]) mostra i livelli di attività nel "procedimento razionale unificato" ("Rational Unified Process"), una metodologia per il processo di sviluppo proposta dagli ideatori di UML. Potete vedere come questo sia un procedimento complesso che coinvolge più iterazioni.

La Programmazione Estremizzata è una metodologia di sviluppo che insegue la semplicità eliminando la struttura formale e concentrandosi sulle migliori regole pratiche.

Procedimenti di sviluppo ancora più complessi, con molte iterazioni, non hanno ancora avuto successo. Nel 1999, Kent Beck pubblicò un testo che ebbe molta risonanza [2] sulla Programmazione Estremizzata (*Extreme Programming*), una metodologia di sviluppo che insegue la semplicità eliminando la maggior parte dei vincoli formali di una metodologia di sviluppo tradizionale, concentrandosi invece su un insieme di *regole pratiche*:

- *Pianificazione realistica*. I clienti devono prendere le decisioni sulla funzionalità, i programmatori devono prendere le decisioni tecniche. Aggiornate il piano di sviluppo quando è in conflitto con la realtà.
- *Piccoli stati di avanzamento*. Fornite velocemente un sistema utilizzabile, e fornite aggiornamenti in tempi brevi.
- *Metafora*. Tutti i programmatori dovrebbero condividere un racconto che illustri il sistema in fase di sviluppo.

- *Semplicità*. Progettate ogni cosa in modo che sia la più semplice possibile, invece di predisporre tutto per future complessità.
- *Collaudo*. Sia i programmatori sia i clienti devono preparare casi di prova. Il sistema deve essere collaudato continuamente.
- *Riprogettazione*. I programmatori devono continuamente ristrutturare il sistema per migliorare il codice ed eliminare parti duplicate.
- *Programmazione a coppie*. I programmatori devono lavorare a coppie e ciascuna coppia deve scrivere codice su un unico calcolatore.
- *Proprietà collettiva*. Tutti i programmatori devono poter modificare qualsiasi porzione di codice quando ne hanno bisogno.
- *Integrazione continua*. Non appena un problema è risolto, mettete insieme l'intero sistema e collaudatelo.
- *Settimana di 40 ore*. Non usate piani di lavoro poco realistici, riempiendoli di sforzi eroici.
- *Cliente a disposizione*. Un vero utilizzatore del sistema deve essere disponibile in qualsiasi momento per la squadra di progettazione.
- *Standard per la scrittura del codice*. I programmatori devono seguire degli standard di codifica che pongano l'accento sul codice auto-documentato.

Molte di queste regole pratiche vengono dal senso comune, mentre altre, come il requisito di programmare a coppie, sono sorprendenti. Beck afferma che la potenza della Programmazione Estremizzata sta nella sinergia fra queste regole pratiche: la somma è maggiore degli addendi.

Nel vostro primo corso di programmazione, non svilupperete ancora sistemi così complessi da richiedere una vera e propria metodologia per risolvere le esercitazioni che vi vengono assegnate, ma questa presentazione del procedimento di sviluppo dovrebbe farvi capire che un procedimento vincente per lo sviluppo del software non consiste soltanto di scrittura del codice. Nella restante parte di questo capitolo entreremo in maggiore dettaglio nella *fase di progettazione* del procedimento di sviluppo del software.

Note di cronaca 1

Produttività dei programmatori

Se parlate con i vostri colleghi in questo corso di programmazione, noterete che alcuni di loro portano sempre a termine le loro esercitazioni più rapidamente di altri. Forse hanno più esperienza. Tuttavia, persino quando si mettono a confronto programmatori con la stessa preparazione professionale e la stessa esperienza, si osservano e si possono misurare ampie variazioni nelle competenze. Non è insolito che, in un gruppo di programmatori, il migliore sia da cinque a dieci volte più produttivo del peggiore, quale che sia lo strumento utilizzato per misurare la produttività [3].

Un ventaglio di prestazioni così ampio fra professionisti qualificati è qualcosa di sconcertante. Dopo tutto, chi arriva primo in una maratona non corre da cinque a

dieci volte più velocemente dell'atleta più lento. I responsabili dei prodotti software sono ben consapevoli di queste disparità. La soluzione ovvia, naturalmente, consiste nell'assumere soltanto i programmatori migliori, ma persino in periodi di ristagno dell'economia la domanda di buoni programmatori ha di gran lunga superato l'offerta.

Fortunatamente per tutti noi, rientrare nei ranghi dei migliori non è necessariamente una questione di mera potenza intellettuale. Il buon senso, l'esperienza, l'ampiezza delle conoscenze, la cura per i particolari e la capacità di pianificare sono importanti almeno quanto la brillantezza mentale. Le persone che sono genuinamente interessate a migliorare se stesse sono in grado di acquisire queste competenze.

Persino il più dotato fra i programmatori riesce ad affrontare soltanto un numero limitato di problemi in un determinato periodo di tempo. Supponiamo che un programmatore sia in grado di realizzare e collaudare un metodo ogni due ore, ovvero cento metodi al mese. (Questa è una stima parecchio generosa: sono pochi i programmatori così produttivi.) Se un progetto richiede 10000 metodi (il che è normale per un programma di medie dimensioni), allora un solo programmatore avrebbe bisogno di 100 mesi per portare a termine il lavoro. In casi del genere si suole parlare di un progetto da "100 mesi/uomo". Però, come spiega Fred Brooks nel suo famoso libro [4], il concetto di "mese/uomo"è un mito. Mesi e programmatori non sono intercambiabili; cento programmatori non possono finire il lavoro in un solo mese, e 10 programmatori probabilmente non riuscirebbero a completarlo in 10 mesi. Per prima cosa, i dieci programmatori hanno bisogno di conoscere il progetto prima di diventare produttivi. Tutte le volte che un metodo presenta qualche problema, sia il suo autore sia i suoi utenti hanno bisogno di riunirsi e di discuterne, il che porta via tempo a tutti. Un errore in un solo metodo può costringere tutti i suoi utenti a girare i pollici nell'attesa che venga corretto.

È difficile stimare questi inevitabili contrattempi. Questa è una delle ragioni per le quali il software viene spesso messo sul mercato in ritardo rispetto alle date promesse. Che cosa può fare un dirigente quando i ritardi si accumulano? Come sottolinea Brooks, aggiungendo altro personale si fa ritardare ulteriormente un progetto che è già in ritardo, perché le persone produttive devono smettere di lavorare per addestrare i nuovi arrivati.

Avrete modo di sperimentare questi problemi quando lavorerete con altri studenti al vostro primo progetto di gruppo. Siate preparati a una vistosa caduta della produttività e ricordatevi di riservare una quota importante del tempo per le comunicazioni all'interno del gruppo.

Non esiste, comunque, alternativa al lavoro di gruppo. La maggior parte dei progetti importanti e che vale la pena di realizzare trascende le capacità di qualunque singola persona. Imparare a lavorare bene in gruppo è importante per la vostra crescita culturale come lo è essere un programmatore competente.

2 Identificare le classi

Nella progettazione orientata agli oggetti, dovete identificare le classi, determinare i loro compiti e descriverne le relazioni.

Nella fase di progettazione dello sviluppo del software, il vostro compito consiste nell'identificare le strutture che rendono possibile implementare una serie di operazioni su un computer.

Quando utilizzate il processo di progettazione orientato agli oggetti, svolgete le seguenti operazioni:

1. Identificare le classi
2. Determinare il comportamento di ciascuna classe
3. Descrivere le relazioni fra le classi

```
F A T T U R A

Piccoli Elettrodomestici Aldo
via Nuova, 100
Turbigo, MI 20029

===========================================

Articolo             Q.tà   Prezzo   Totale

Tostapane             3     € 29,95   € 89,85
Asciugacapelli        1     € 24,95   € 24,95
Spazzola elettrica    2     € 19,99   € 39,98

===========================================

IMPORTO DOVUTO:   € 154,78
```

Figura 4
Una fattura

Una classe rappresenta un concetto utile. Avete visto classi per entità concrete quali conti correnti bancari, ellissi e prodotti. Altre classi rappresentano concetti astratti, come flussi e finestre. Una semplice regola per trovare le classi consiste nel cercare i *sostantivi* nella descrizione dell'attività. Per esempio, supponete di dover stampare una fattura come quella riprodotta nella Figura 4. Le classi ovvie che vengono subito in mente sono `Invoice` (fattura), `Item` (articolo) e `Customer` (cliente). È bene creare un elenco di *classi possibili* su una lavagna o su un foglio di carta. Mentre fate questo esercizio mentale, inserite nell'elenco tutte le idee che vi vengono sulle classi possibili. Potrete sempre cancellare in un secondo tempo quelle che non si sono dimostrate utili.

Una volta che avrete identificato un gruppo di classi, dovrete definire il comportamento di ciascuna di esse. Vale a dire, avrete bisogno di trovare quali metodi ciascun oggetto deve eseguire per risolvere il problema di programmazione. Una semplice regola per trovare questi metodi consiste nel cercare i *verbi* nella descrizione dell'attività e quindi mettere i verbi in corrispondenza con gli oggetti appropriati. Per esempio, nel programma che gestisce le fatture, qualche classe deve calcolare l'importo dovuto. A questo punto avete bisogno di stabilire *quale classe* è responsabile di questo metodo. Sono i clienti a calcolare quello che devono pagare? Sono le fatture a totalizzare l'importo dovuto? Sono gli articoli che si totalizzano da soli? La scelta migliore consiste nell'assegnare alla classe `Invoice` la responsabilità di "calcolare l'importo dovuto".

Una scheda CRC descrive una classe, le sue responsabilità e le classi che collaborano con essa.

Un ottimo modo per svolgere questo compito è il cosiddetto metodo delle schede *CRC* (CRC sta per *c*lassi, *r*esponsabilità, *c*ollaboratori). Nella sua forma più semplice, il metodo funziona nel modo seguente. Utiliz-

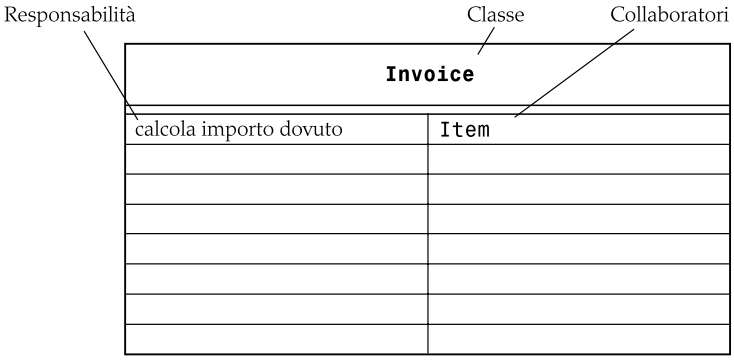


Figura 5
Una scheda CRC

zate una scheda di cartoncino per ciascuna *classe* (osservate la Figura 5). Quando riflettete, nella descrizione dell'attività, sui verbi che indicano metodi, prendete la scheda della classe che secondo voi dovrebbe averne la responsabilità e scrivete quella *responsabilità* sulla scheda. Per ciascuna responsabilità, annotate quali altre classi sono necessarie per portarla a termine. Queste classi sono i *collaboratori*.

Per esempio, supponete di aver stabilito che una fattura deve calcolare l'importo dovuto. Scrivete allora "`calcola importo dovuto`" sulla scheda che ha `Invoice` come titolo.

Se una classe svolge quel compito senza ricorrere ad altre classi, non dovete scrivere altro. Se, invece, la classe ha bisogno dell'aiuto di altre classi, scrivete il nome di questi collaboratori sul lato destro della scheda.

Per calcolare l'importo dovuto, la fattura deve chiedere a ciascun articolo il suo prezzo. Di conseguenza, la classe `Item` è un collaboratore.

È arrivato il momento di esaminare la scheda della classe `Item`. Ha un metodo "`fornisci il prezzo totale`"? Se non lo contiene, aggiungetelo.

Come fate a sapere che siete sulla strada giusta? Per ciascuna responsabilità, chiedete a voi stessi come potrebbe essere materialmente svolta utilizzando soltanto le responsabilità che avete scritto sulle varie schede. Molti trovano comodo sistemare sul tavolo tutte le schede, in modo che i collaboratori siano uno vicino all'altro, e poi simulare le attività spostando un contrassegno (una moneta va benissimo) da una scheda alla successiva per indicare quale oggetto è attivo in un certo istante.

Ricordatevi sempre che le responsabilità che avete elencato sulla scheda sono *ad alto livello*: a volte una singola responsabilità dovrà essere realizzata con due o più metodi Java. Alcuni ricercatori sostengono che una scheda CRC non dovrebbe avere più di tre diverse responsabilità.

Il metodo delle schede CRC è deliberatamente informale, per consentirvi di essere creativi mentre identificate le classi e le loro proprietà. Quando avrete messo insieme un buon gruppo di classi, vi converrà capire in che modo sono correlate l'una con l'altra. Siete in grado di trovare classi che hanno proprietà comuni, per cui alcune responsabilità possono essere svolte da una superclasse comune? Riuscite a organizzare le classi in aggregati indipendenti l'uno dall'altro? Trovare queste relazioni fra le classi e documentarle con diagrammi è il tema del prossimo paragrafo.

3 Relazioni fra classi

Quando si progetta un programma, torna utile documentare le relazioni fra le classi; così facendo, otterrete una serie di vantaggi. Per esempio, se trovate classi caratterizzate da un comportamento comune, potete risparmiarvi un po' di fatica collocando il comportamento comune in una superclasse. Se sapete che certe classi *non* sono correlate tra loro, potete assegnare a programmatori diversi il compito di implementare ciascuna di esse, senza avere la preoccupazione che uno di loro debba aspettare l'altro.

In questo libro avete visto molte volte la relazione di ereditarietà fra classi. L'ereditarietà è una relazione fra classi molto importante, ma, come si vedrà, non è l'unica relazione utile e si può anche correre il rischio di abusarne.

L'ereditarietà è una relazione fra una classe più generale (la superclasse) e una classe più specializzata (la sottoclasse). In questi casi si usa dire che si tratta di una relazione *è-un*. Ogni autocarro *è un* veicolo. Ogni conto corrente *è un* conto bancario. Ogni cerchio *è una* ellisse (con altezza e larghezza uguali).

L'ereditarietà (la relazione *è-un*) viene a volte usata a sproposito, quando invece una relazione *ha-un* sarebbe più opportuna.

Tuttavia, spesso si abusa dell'ereditarietà. Per esempio, prendete in considerazione la classe `Tire`, che descrive un pneumatico di automobile. Dovremmo considerare la classe `Tire` come una sottoclasse di `Circle`? A prima vista sembra comodo, perché vi sono diversi metodi utili nella classe `Circle`: per esempio, la classe `Tire` erediterebbe i metodi che calcolano il raggio, la circonferenza e il punto centrale. Tutte cose che potrebbero venir buone quando si disegnano forme di pneumatici. Eppure, anche se potrebbe essere comodo per il programmatore, questa impostazione non ha senso dal punto di vista concettuale. Non è vero che ogni pneumatico è un cerchio. I pneumatici sono componenti delle automobili, mentre i cerchi sono oggetti geometrici.

Esiste tuttavia una relazione fra pneumatici e cerchi: un pneumatico *ha* un cerchio come suo perimetro esterno. Java ci consente di fare un modello anche di tale relazione, utilizzando una variabile istanza:

```
class Tire
{
   ...
   private String rating;
   private Circle boundary;
}
```

Il termine tecnico per questa relazione è *associazione*. Ogni oggetto di tipo `Tire` è associato a un oggetto di tipo `Circle`.

Ecco un altro esempio. Ogni automobile *è un* veicolo. Ogni automobile *ha un* pneumatico (in realtà ne ha quattro, cinque se contate anche la ruota di scorta). Di conseguenza, utilizzerete l'ereditarietà dalla classe `Vehicle` e l'associazione con gli oggetti `Tire`:

```
class Car extends Vehicle
{
   ...
   private Tire[] tires;
}
```

In questo libro utilizzeremo la notazione UML per i diagrammi delle classi. Avete già visto svariati esempi della notazione UML per l'ereditarietà: una freccia con un triangolo aperto che punta alla superclasse. Nella notazione UML, l'associazione viene indicata mediante una linea a tratto continuo con una freccia aperta. La Figura 6 mostra un diagramma di classi con una relazione di ereditarietà e un'associazione.

Una classe è associata a un'altra se potete spostarvi da suoi oggetti a oggetti dell'altra classe, solitamente seguendo un riferimento a oggetto.

Una classe è associata a un'altra se è possibile *navigare* da oggetti della prima classe a oggetti dell'altra classe. Ad esempio, dato un oggetto di tipo `Car`, potete giungere a oggetti di tipo `Tire` accedendo semplicemente alla variabile istanza `tires`. Quando una classe ha una variabile istanza il cui tipo è quello di un'altra classe, fra le due classi esiste un'associazione.

La dipendenza è un altro nome per la relazione "usa".

La relazione di associazione si ricollega alla relazione di *dipendenza*, che avete visto nel Capitolo 7. Ricordate che una classe dipende da un'altra se uno dei suoi metodi *usa* un oggetto di tale classe in qualche modo.

Per esempio, tutte le nostre classi applet dipendono dalla classe `Graphics`, perché ricevono un oggetto di tipo `Graphics` nel metodo `paint` e lo usano per disegnare varie forme. Le applicazioni di console dipendono dalla classe `System`, perché usano la variabile statica `System.out`.

L'associazione è una forma più forte di dipendenza. Se una classe è associata a un'altra, ne dipende anche.

Tuttavia, il contrario non è vero. Se una classe è associata a un'altra, i suoi oggetti possono localizzare oggetti della classe associata, solitamente perché ne memorizzano riferimenti. Se una classe dipende da un'altra, ciò significa che viene in contatto con oggetti di tale classe in qualche modo, ma non necessariamente attraverso la navigazione. Ad esempio, un applet dipende dalla classe `Graphics`, ma non è associato alla classe `Graphics`. Dato un oggetto di tipo `Applet`, non potete navigare fino a un oggetto di tipo `Graphics`: dovete aspettare che il metodo `paint` fornisca un oggetto di tipo `Graphics` come parametro.

Come avete visto nel Capitolo 7, nella notazione UML la dipendenza è rappresentata mediante una linea tratteggiata con una freccia aperta che punta alla classe dipendente.

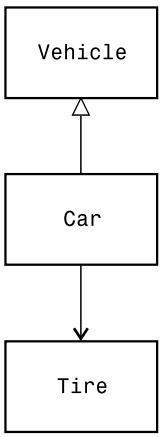


Figura 6
Notazione UML per ereditarietà e associazione

Dovete essere in grado di distinguere le notazioni UML per l'ereditarietà, l'implementazione, l'associazione e la dipendenza.

Le frecce usate nella notazione UML possono confondere; la tabella seguente riassume i quattro simboli usati nella notazione UML per rappresentare le relazioni che usiamo in questo libro.

Relazione	Simbolo	Tratto	Punta della freccia
Ereditarietà	——▷	Continuo	Chiusa
Implementazione	- - - -▷	Tratteggio	Chiusa
Associazione	——→	Continuo	Aperta
Dipendenza	- - - -→	Tratteggio	Aperta

Argomenti avanzati 1

Attributi e metodi nei diagrammi UML

Talvolta è utile indicare *attributi* e *metodi* in un diagramma di classe. Un *attributo* è una proprietà osservabile dall'esterno che hanno gli oggetti di una classe. Per esempio, `name` e `price`, potrebbero essere attributi della classe `Product`. Di solito, gli attributi corrispondono a variabili istanza, però non è obbligatorio che sia così: una classe potrebbe avere un modo diverso per organizzare i suoi dati. Si consideri la classe `Ellipse` della libreria Java: concettualmente, ha gli attributi `center`, `width` e `height`, ma non memorizza materialmente il centro dell'ellisse, bensì l'angolo superiore sinistro, e calcola il centro a partire da quel punto.

Metodi e attributi vengono indicati in un diagramma di classe suddividendo il rettangolo di una classe in tre settori, con il nome della classe in alto, gli attributi nel mezzo e i metodi in basso (osservate la Figura 7). Non siete obbligati a elencare proprio *tutti* gli attributi e i metodi in un diagramma: vi basta elencare quelli che vi possono essere utili per capire quel che volete rappresentare con un tale diagramma.

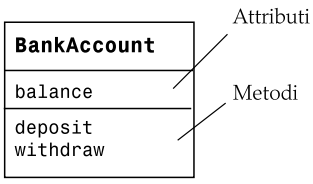


Figura 7
Attributi e metodi in un diagramma di classe

Inoltre, non elencate come attributo ciò che rappresentate graficamente come associazione. Se indicate con un'associazione il fatto che un oggetto di tipo `Car` contiene oggetti di tipo `Tire`, non aggiungete l'attributo `tires` alla classe `Car`.

Argomenti avanzati 2

Associazione, aggregazione e composizione

La relazione di associazione è la relazione più complessa nella notazione UML, ed è anche quella meno standard. Se leggete altri libri e osservate diagrammi di classi prodotti da colleghi programmatori, potete riscontrare alcuni diversi stili di rappresentazione della relazione di associazione.

La relazione di associazione che usiamo in questo libro viene detta associazione *diretta*: essa implica che sia possibile navigare da una classe a un'altra, ma non viceversa. Ad esempio, dato un oggetto di tipo `Car`, potete navigare fino a raggiungere oggetti di tipo `Tire`. Ma se avete un oggetto di tipo `Tire`, non esiste alcuna indicazione di quale sia l'automobile al quale appartiene.

Ovviamente, un oggetto di tipo `Tire` può contenere un riferimento all'oggetto di tipo `Car` a cui appartiene, in modo che possiate navigare a ritroso dal pneumatico fino all'automobile: in questo caso l'associazione è bidirezionale. Per automobili e pneumatici, questa implementazione sarebbe poco probabile, ma considerate l'esempio di oggetti di tipo `Person` e `Company`. Una ditta può conservare un elenco delle persone

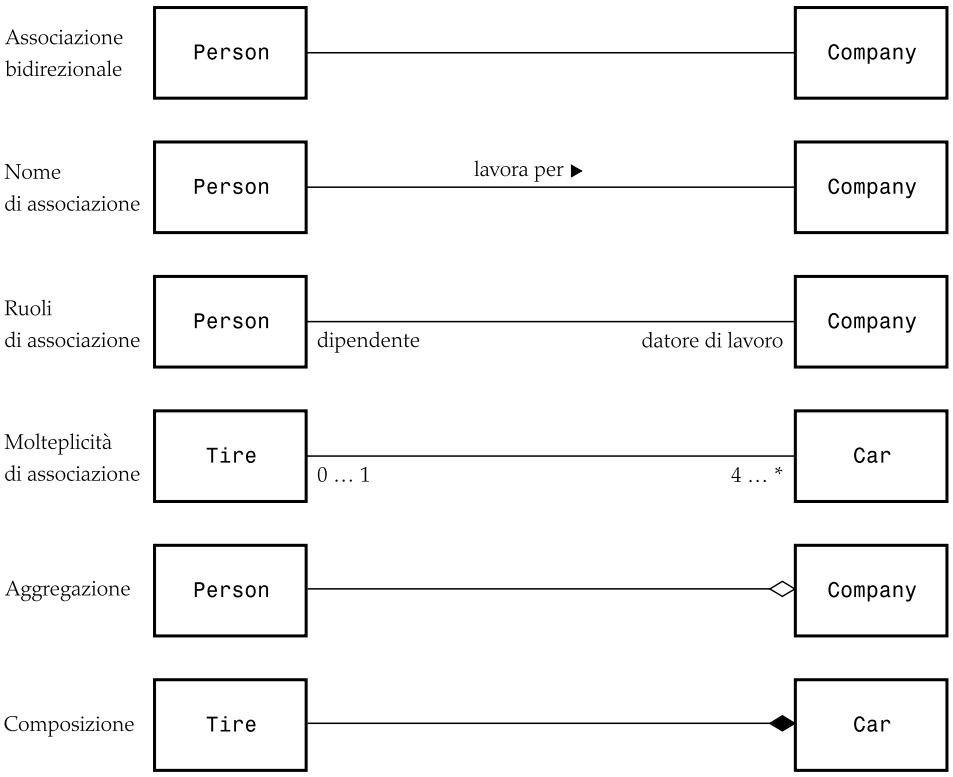


Figura 8 Varianti della notazione di associazione

che vi lavorano, e ciascun oggetto che rappresenta una persona può avere un riferimento al proprio datore di lavoro.

Secondo lo standard UML, un'associazione bidirezionale si rappresenta con una linea a tratto continuo *senza alcuna freccia* (osservate la Figura 8 per questa e altre varianti della notazione per l'associazione), ma alcuni progettisti interpretano un'associazione senza frecce come un'associazione "indecisa", nella quale non è ancora chiaro in quale direzione possa avvenire la navigazione.

Ad alcuni progettisti piace aggiungere *ornamenti* alle relazioni di associazione. Un'associazione può avere un nome, dei ruoli o delle molteplicità. Un nome descrive la natura della relazione. Gli ornamenti che indicano i ruoli esprimono in modo specifico il ruolo che le classi associate svolgono l'una rispetto all'altra. Le molteplicità indicano quanti oggetti si possono raggiungere navigando lungo la relazione di associazione. L'esempio di Figura 8 esprime il fatto che ogni pneumatico è associato a un numero di automobili uguale a 0 o 1, mentre ogni automobile deve avere 4 o più pneumatici.

L'*aggregazione* è una forma più forte di associazione. Una classe ne aggrega un'altra se esiste tra le due classi una relazione "intero-parte". Ad esempio, la classe `Company` aggrega la classe `Person`, perché una ditta ("intero") è composta di persone ("parte"), in particolare i suoi dipendenti e i suoi clienti. La classe `BankAccount`, invece, non aggrega la classe `Person`, anche se può darsi che sia possibile navigare da un oggetto che rappresenta un conto bancario fino a un oggetto che rappresenta una persona, il proprietario del conto. Dal punto di vista concettuale, una persona non fa parte di un conto bancario.

La *composizione* è una forma di aggregazione ancora più forte, che indica che una "parte" può appartenere a un solo "intero" in un certo istante di tempo. Ad esempio, un pneumatico può far parte di una sola automobile in un certo istante, mentre una persona può lavorare contemporaneamente per due ditte.

Sinceramente, le differenze fra associazione, aggregazione e composizione possono confondere anche i progettisti esperti. Se pensate che queste distinzioni siano utili, usatele senza dubbio, ma non perdete tempo pensando alle sottili differenze fra questi concetti. Dal punto di vista pratico di un programmatore Java, è utile sapere se una classe conserva un riferimento a un'altra classe, e l'associazione diretta descrive accuratamente questo fatto.

Consigli pratici 1

Schede CRC e diagrammi UML

Prima di scrivere il codice per un problema complesso, è necessario averne progettato una soluzione. La metodologia presentata in questo capitolo suggerisce di seguire un procedimento di progettazione composto dalle seguenti fasi:

1. Identificate le classi.
2. Determinate le responsabilità di ciascuna classe.
3. Descrivete le relazioni tra le classi.

Le schede CRC e i diagrammi UML vi aiutano a identificare e a registrare tali informazioni.

Passo 1. Identificate le classi

Evidenziate i sostantivi nella descrizione del problema. Costruite un elenco dei sostantivi. Cancellate quelli che non sembrano essere ragionevoli candidati per diventare classi.

Passo 2. Determinate le responsabilità di ciascuna classe

Elencate i compiti principali che devono essere svolti dal vostro sistema. Tra di essi, sceglietene uno che non sia banale ma che vi sembri intuitivo, e identificate una classe che abbia la responsabilità di portarlo a termine. Costruite una scheda, scrivendo il nome della classe e tale sua responsabilità. Ora, chiedetevi se un oggetto di quella classe può svolgere completamente tale compito: probabilmente avrà bisogno di aiuto da altri oggetti, quindi costruite le schede CRC per le classi a cui appartengono tali oggetti e scrivetene le responsabilità.

Non abbiate timore di fare cancellature, spostamenti, suddivisioni o fusioni di responsabilità. Sistemate le schede se diventano confuse, si tratta di un procedimento poco formale.

Avrete terminato quando avrete esaminato tutti i compiti più importanti e sarete convinti di poterli risolvere con le classi e le responsabilità che avete identificato.

Passo 3. Descrivete le relazioni tra le classi

Costruite un diagramma di classi che mostri le relazioni tra le classi che avete identificato.

Iniziate con l'ereditarietà, la relazione "è-un" tra classi. Un certa classe è una forma specializzata di un'altra classe? Se è così, tracciate una freccia di ereditarietà. Tenete presente che molti progetti, soprattutto in caso di programmi semplici, non usano molto l'ereditarietà.

Le colonne "collaboratori" sulle schede CRC vi dicono quali classi ne usano un'altra. Tracciate le frecce di dipendenza per i collaboratori presenti sulle schede CRC.

Per ogni relazione di dipendenza, chiedetevi: come può l'oggetto raggiungere i propri collaboratori? Vi giunge direttamente perché ne conserva un riferimento? Chiede, invece, a un altro oggetto di localizzare il collaboratore? Il collaboratore viene passato come parametro di un metodo? Soltanto nel primo caso la classe che collabora è una classe associata: in tali casi, tracciate una freccia di associazione.

4 Esempio: stampare una fattura

In questo paragrafo, presentiamo un procedimento di sviluppo articolato in cinque parti, che vi suggeriamo di seguire:

1. Definire i requisiti.

2. Utilizzare schede CRC per identificare classi, responsabilità e collaboratori.
3. Utilizzare diagrammi UML per registrare relazioni fra le classi.
4. Utilizzare `javadoc` per documentare il comportamento dei metodi.
5. Implementare il programma.

Questo processo è particolarmente adatto a programmatori alle prime armi, perché non ci sono molte notazioni da imparare e i diagrammi delle classi sono facili da tracciare. Quel che si ottiene dalla fase di progettazione è palesemente utile per quella di implementazione: non si deve far altro che prendere i file sorgenti e cominciare ad aggiungere il codice per i metodi. Naturalmente, quando i vostri progetti si faranno più complessi, vi converrà imparare qualcosa di più sui metodi formali di progettazione. Esistono molte tecniche per descrivere gli scenari degli oggetti, la sequenza delle chiamate, la struttura generale dei programmi e quant'altro, che sono molto vantaggiose persino per progetti relativamente semplici. Nel libro [1] potete trovare un'ottima rassegna di queste tecniche.

In questo paragrafo, esamineremo la tecnica di progettazione orientata agli oggetti applicata a un esempio molto semplice. In un caso di tale semplicità, l'uso di questa metodologia apparirà certamente un po' eccessivo, però costituisce comunque una buona introduzione alla meccanica di ciascun passaggio. Vi troverete quindi meglio preparati per l'esempio più complesso che segue.

4.1 Requisiti

Questo programma ha lo scopo di stampare una *fattura*. Una fattura descrive la somma dovuta per un insieme di prodotti con le rispettive quantità. (Trascuriamo aspetti complessi quali le date, le imposte e i codici della fattura e dei clienti.) Il programma non fa altro che stampare l'indirizzo di chi deve pagare, l'elenco degli articoli e l'importo da pagare. Ciascuna linea che descrive un articolo ne contiene la descrizione e il prezzo unitario, nonché la quantità ordinata e il prezzo totale.

```
              F A T T U R A

Piccoli Elettrodomestici Aldo
via Nuova, 100
Turbigo, MI 20029

Articolo             Q.tà   Prezzo     Totale

Tostapane             3     € 29,95       € 89,85
Asciugacapelli        1     € 24,95       € 24,95
Spazzola elettrica    2     € 19,99       € 39,98

IMPORTO DOVUTO:   € 154,78
```

Inoltre, per semplicità, non forniremo alcuna interfaccia utente. Predisporremo un programma di prova che aggiunge articoli alla fattura e la stampa.

4.2 Schede CRC

Come prima cosa dovrete individuare le classi. Le classi corrispondono a sostantivi presenti nella descrizione del problema. In questo problema, è del tutto ovvio quali siano i sostantivi:

```
Invoice
Address
Item
Product
Description
Price
Quantity
Total
AmountDue
```

(Naturalmente, "tostapane" non conta: è il nome di un oggetto di tipo `Item` ed è quindi un valore, non il nome di una classe.)

La descrizione di un prodotto e il suo prezzo sono campi della classe `Product`. E cosa possiamo dire della quantità? La quantità non è un attributo di un oggetto di tipo `Product`. Proprio come nella fattura stampata, è meglio avere una classe `Item` che memorizzi un prodotto e la relativa quantità (come, ad esempio, "tre tostapane").

Il prezzo totale e l'importo dovuto vengono calcolati, non c'è bisogno di memorizzarli, per cui non danno origine ad alcuna classe.

Dopo questa procedura di eliminazione, ci restano quattro candidati per le classi:

```
Invoice
Address
Item
Product
```

Ciascuno di loro rappresenta un concetto utile, quindi facciamoli diventare tutti classi. Il programma ha lo scopo di stampare una fattura. Tuttavia, la classe `Invoice` non sa se deve visualizzare i suoi dati nel flusso `System.out`, in un campo di testo di un'interfaccia grafica, oppure in un file. Di conseguenza, è meglio semplificare leggermente l'obiettivo e assegnare alla fattura la responsabilità di *impaginare* i suoi dati. Il risultato di questa attività è una stringa (contenente più righe), che può essere stampata o visualizzata. Annotiamo questa responsabilità in una scheda CRC:

`Invoice`	
impaginare la fattura	

Come fa una fattura a impaginare i suoi dati? Deve impaginare l'indirizzo di chi deve pagare, poi tutti gli articoli e quindi l'importo dovuto. Come può una fattura impaginare un indirizzo? Non può: questa è davvero una responsabilità che dobbiamo assegnare alla classe `Address`.

Ciò genera una seconda scheda CRC:

Address	
impaginare l'indirizzo	

In modo simile, l'impaginazione di un articolo deve essere una responsabilità della classe `Item`.

Il metodo `format` della classe `Invoice` chiama i metodi `format` delle classi `Address` e `Item`. Ogni volta che un metodo usa un'altra classe, elencate tale classe come collaboratore. In altre parole, `Address` e `Item` sono collaboratori di `Invoice`:

Invoice	
impaginare la fattura	`Address`
	`Item`

Per impaginare la fattura, bisogna anche calcolare l'importo totale dovuto: per farlo, la fattura deve chiedere a ciascun articolo il suo prezzo totale.

Come fa un articolo a sapere il proprio totale? Deve chiedere al suo prodotto il prezzo unitario e moltiplicarlo per la propria quantità. A questo scopo, la classe `Product` deve rendere accessibile il proprio prezzo unitario ed essere un collaboratore della classe `Item`.

Product	
fornire la descrizione	
fornire il prezzo unitario	

Item	
impaginare l'articolo	`Product`
fornire il prezzo totale	

Infine, deve essere possibile aggiungere alla fattura prodotti e rispettive quantità, in modo che abbia senso impaginare il risultato. Anche questa è una responsabilità della classe `Invoice`.

Invoice	
impaginare la fattura	`Address`
aggiungere un prodotto e una quantità	`Item`
	`Product`

A questo punto abbiamo un insieme di schede CRC che conclude questa fase del procedimento.

4.3 Diagrammi UML

Le relazioni di dipendenza si ricavano dalla colonna delle collaborazioni nelle schede CRC. Ciascuna classe dipende dalle classi con le quali collabora. Nel nostro esempio, la classe `Invoice` collabora con le classi `Address`, `Item` e `Product`. La classe `Item` collabora con la classe `Product`.

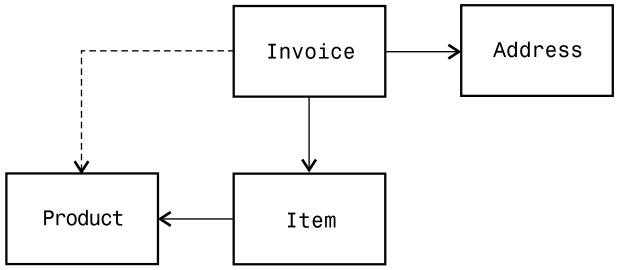


Figura 9
Le relazioni tra le classi per la gestione di fatture

Ora, chiedetevi se queste dipendenze siano, in realtà, associazioni. Come fa una fattura a conoscere l'indirizzo, gli articoli e i prodotti con cui collabora? Un oggetto che rappresenta una fattura deve avere i riferimenti all'indirizzo e agli articoli, per usarli quando impagina la fattura stessa, ma non ha bisogno di memorizzare un riferimento a un oggetto che rappresenta un prodotto, quando tale prodotto viene aggiunto alla fattura. Il prodotto viene inserito in un articolo, dopodiché la responsabilità di memorizzare un riferimento al prodotto è dell'articolo.

Quindi, la classe `Invoice` è associata alla classe `Address` e alla classe `Item`, e la classe `Item` è associata alla classe `Product`. Tuttavia, non potete navigare direttamente da una fattura a un prodotto. Una fattura non memorizza direttamente prodotti, che, invece, si trovano all'interno di oggetti di tipo `Item`.

In questo esempio non usiamo l'ereditarietà.

La Figura 9 mostra le relazioni che abbiamo individuato tra le classi.

4.4 Documentazione dei metodi

Potete usare i commenti di documentazione di `javadoc` (con i corpi dei metodi in bianco) per annotare formalmente il comportamento delle classi che avete individuato.

Il passo finale della fase di progettazione consiste nello scrivere la documentazione delle classi e dei metodi che si sono individuati. Scrivete semplicemente un file sorgente Java per ciascuna classe, scrivete il commento per ciascun metodo che avete identificato e lasciate in bianco i corpi dei metodi.

```
/**
   Descrive una fattura per un insieme di articoli acquistati.
*/
public class Invoice
{
   /**
      Aggiunge alla fattura l'addebito per un prodotto.
      @param aProduct il prodotto ordinato dal cliente
      @param quantity la quantità del prodotto
   */
   public void add(Product aProduct, int quantity)
   {
   }

   /**
      Impagina la fattura.
```

```
      @return la fattura impaginata
   */
   public String format()
   {
   }
}

/**
   Descrive la quantità di un articolo acquistato e il suo prezzo.
*/
public class Item
{
   /**
      Calcola il prezzo totale di questo articolo.
      @return il prezzo totale
   */
   public double getTotalPrice()
   {
   }

   /**
      Impagina l'articolo.
      @return l'articolo impaginato
   */
   public String format()
   {
   }
}

/**
   Descrive un prodotto avente una descrizione e un prezzo.
*/
public class Product
{
   /**
      Fornisce la descrizione del prodotto.
      @return la descrizione
   */
   public String getDescription()
   {
   }

   /**
      Fornisce il prezzo del prodotto.
      @return il prezzo unitario
   */
   public double getPrice()
   {
   }
}

/**
   Descrive un indirizzo postale.
*/
```

```
public class Address
{
   /**
      Impagina l'indirizzo.
      @return l'indirizzo sotto forma di stringa di tre righe
   */
   public String format()
   {
   }
}
```

Fatto questo, eseguite il programma `javadoc` per ottenere una versione della vostra documentazione gradevolmente impaginata in HTML (vedi Figura 10).

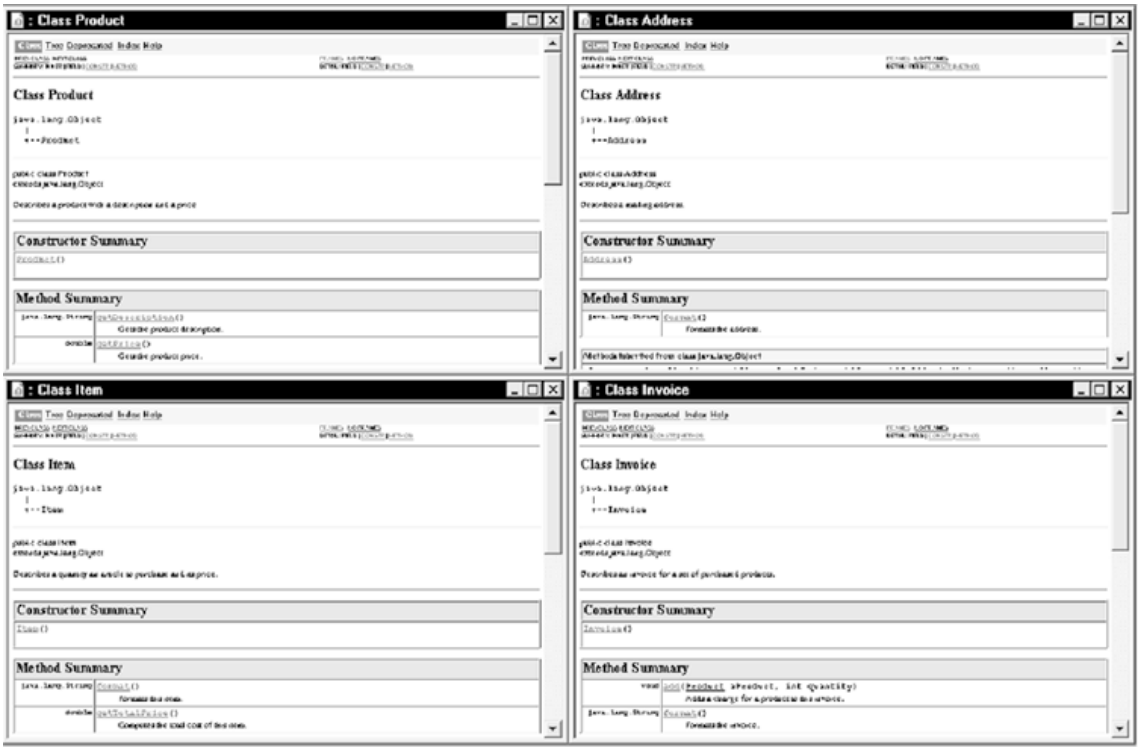


Figura 10
Documentazione di classi in formato HTML

Questo modo di affrontare il problema della documentazione delle classi presenta numerosi vantaggi. Potete condividere la documentazione HTML con altre persone, se lavorate in gruppo. Vi servite di un formato che è immediatamente utilizzabile: file sorgenti Java che potete trasferire alla fase di implementazione. E, quel che è più importante, avete già creato i commenti per i metodi basilari: un compito che i programmatori meno preparati tendono a rinviare e che poi spesso trascurano per mancanza di tempo.

4.5 Implementazione

Finalmente siete pronti per implementare le classi.

Grazie al passo precedente avete già a disposizione le firme e i commenti dei metodi. Ora esaminate il diagramma UML per aggiungere le variabili istanza, che non sono altro che le classi associate. Cominciate con la classe `Invoice`, che è associata alle classi `Address` e `Item`. Ciascuna fattura ha un solo indirizzo di chi deve pagare, ma può avere molti articoli, che potete memorizzare in un vettore. Ecco quindi le variabili istanza della classe `Invoice`:

```
public class Invoice
{
   ...
   private Address billingAddress;
   private ArrayList items;
}
```

Come potete rilevare dal diagramma UML, la classe `Item` è associata alla classe `Product`. Inoltre, avete bisogno di memorizzare la quantità del prodotto, dando così origine alle seguenti variabili istanza:

```
public class Item
{
   ...
   private int quantity;
   private Product theProduct;
}
```

I metodi veri e propri, a questo punto, sono davvero semplici. Ecco un tipico esempio. Già sapete cosa deve fare il metodo `getTotalPrice` della classe `Item`: deve ispezionare il prezzo unitario del prodotto e moltiplicarlo per la quantità.

```
/**
   Calcola il prezzo totale di questo articolo.
   @return il prezzo totale
*/
public double getTotalPrice()
{
   return theProduct.getPrice() * quantity;
}
```

Non discuteremo nei particolari gli altri metodi: sono ugualmente immediati. Infine, dovrete scrivere i costruttori, un altro compito molto semplice.

Ecco qui tutto il programma. Farete bene a scorrerlo esaminando tutti i particolari, mettendo in corrispondenza le classi e i metodi con le schede CRC e il diagramma UML.

File InvoiceTest.java

```
/**
   Questo programma collauda le classi che gestiscono
   le fatture stampando una fattura di prova.
```

```
*/
public class InvoiceTest
{
   public static void main(String[] args)
   {
      Address address = new Address(
            "Piccoli Elettrodomestici Aldo",
            "via Nuova, 100", "Turbigo", "MI", "20029");

      Invoice invoice = new Invoice(address);
      invoice.add(new Product("Tostapane", 29.95), 3);
      invoice.add(new Product("Asciugacapelli", 24.95), 1);
      invoice.add(new Product("Spazzola elettrica", 19.99), 2);

      System.out.println(invoice.format());
   }
}
```

File Invoice.java

```
import java.util.ArrayList;

/**
   Descrive una fattura per un insieme di articoli acquistati.
*/
class Invoice
{
   /**
      Costruisce una fattura.
      @param anAddress l'indirizzo di chi deve pagare
   */
   public Invoice(Address anAddress)
   {
      items = new ArrayList();
      billingAddress = anAddress;
   }

   /**
      Aggiunge alla fattura l'addebito per un prodotto.
      @param aProduct il prodotto ordinato dal cliente
      @param quantity la quantità del prodotto
   */
   public void add(Product aProduct, int quantity)
   {
      Item anItem = new Item(aProduct, quantity);
      items.add(anItem);
   }

   /**
      Impagina la fattura.
      @return la fattura impaginata
   */
   public String format()
   {
```

```
      String r =
            "              F A T T U R A\n\n"
            + billingAddress.format()
            + "\n\nArticolo             Q.tà"
            + "   Prezzo    Totale\n";
      for (int i = 0; i < items.size(); i++)
      {
         Item nextItem = (Item)items.get(i);
         r = r + nextItem.format() + "\n";
      }

      r = r + "\nIMPORTO DOVUTO:   €" + getAmountDue();

      return r;
   }

   /**
      Calcola l'importo totale dovuto.
      @return l'importo dovuto
   */
   public double getAmountDue()
   {
      double amountDue = 0;
      for (int i = 0; i < items.size(); i++)
      {
         Item nextItem = (Item)items.get(i);
         amountDue = amountDue
               + nextItem.getTotalPrice();
      }
      return amountDue;
   }

   private Address billingAddress;
   private ArrayList items;
}
```

File Item.java

```
/**
   Descrive la quantità di un articolo acquistato e il suo prezzo.
*/
class Item
{
   /**
      Costruisce un articolo con un prodotto e una quantità.
      @param aProduct il prodotto
      @param aQuantity la quantità dell'articolo
   */
   public Item(Product aProduct, int aQuantity)
   {
      theProduct = aProduct;
      quantity = aQuantity;
   }
```

```
   /**
      Calcola il prezzo totale di questo articolo.
      @return il prezzo totale
   */
   public double getTotalPrice()
   {
      return theProduct.getPrice() * quantity;
   }

   /**
      Impagina l'articolo.
      @return l'articolo impaginato
   */
   public String format()
   {
      final int COLUMN_WIDTH = 30;
      String description = theProduct.getDescription();

      String r = description;

      // inserisci spazi per riempire la colonna

      int pad = COLUMN_WIDTH - description.length();
      for (int i = 1; i <= pad; i++)
         r = r + " ";

      r = r + quantity
            + "  €" + theProduct.getPrice()
            + "  €" + getTotalPrice();

      return r;
   }

   private int quantity;
   private Product theProduct;
}
```

File Product.java

```
/**
   Descrive un prodotto avente una descrizione e un prezzo.
*/
class Product
{
   /**
      Costruisce un prodotto con una descrizione e un prezzo.
      @param aDescription la descrizione del prodotto
      @param aPrice il prezzo del prodotto
   */
   public Product(String aDescription, double aPrice)
   {
      description = aDescription;
      price = aPrice;
   }
```

```
   /**
      Fornisce la descrizione del prodotto.
      @return la descrizione
   */
   public String getDescription()
   {
      return description;
   }

   /**
      Fornisce il prezzo del prodotto.
      @return il prezzo unitario
   */
   public double getPrice()
   {
      return price;
   }

   private String description;
   private double price;
}
```

File Address.java

```
/**
   Descrive un indirizzo postale.
*/
public class Address
{
   /**
      Costruisce un indirizzo postale.
      @param aName il nome del destinario
      @param aStreet la via
      @param aCity la città
      @param aProvince la sigla a due lettere della provincia
      @param aZip il codice postale
   */
   public Address(String aName, String aStreet,
         String aCity, String aProvince, String aZip)
   {
      name = aName;
      street = aStreet;
      city = aCity;
      province = aProvince;
      zip = aZip;
   }

   /**
      Impagina l'indirizzo.
      @return l'indirizzo sotto forma di stringa di tre righe
   */
   public String format()
   {
      return name + "\n" + street + "\n"
```

```
                + city + ", " + province + " " + zip;
    }

    private String name;
    private String street;
    private String city;
    private String province;
    private String zip;
}
```

5 Esempio: uno sportello bancario automatico

5.1 Requisiti

Questo progetto ha lo scopo di simulare il funzionamento di uno sportello bancario automatico, basato su un terminale specializzato noto come Automatic Teller Machine (ATM). L'ATM ha un tastierino per immettere numeri, uno schermo per visualizzare messaggi e un gruppo di pulsanti, etichettati A, B e C, le cui funzioni dipendono dallo stato della macchina (vedi Figura 11).

L'ATM viene usato dai clienti di una banca. Ciascun cliente ha due conti: un conto corrente e un conto di risparmio. Ciascun cliente ha anche un numero cliente e un numero di identificazione personale (Personal Identification Number, PIN): per accedere ai conti è necessario fornire entrambi i numeri. (Nei veri ATM, il numero cliente viene registrato nella striscia magnetica della carta bancaria. In questa simulazione il cliente dovrà digitarlo.) Utilizzando l'ATM il cliente può selezionare un conto (corrente o di risparmio), dopo di che gli viene mostrato il saldo del conto che ha selezionato. Il cliente può, poi, versare o prelevare denaro. Il processo viene ripetuto fino a quando il cliente decide di terminare.

In concreto, l'utente interagisce in questo modo. Quando l'ATM viene avviato, rimane in attesa che un utente immetta un numero cliente. Lo schermo presenta il seguente messaggio:

```
Enter customer number
A = OK
```

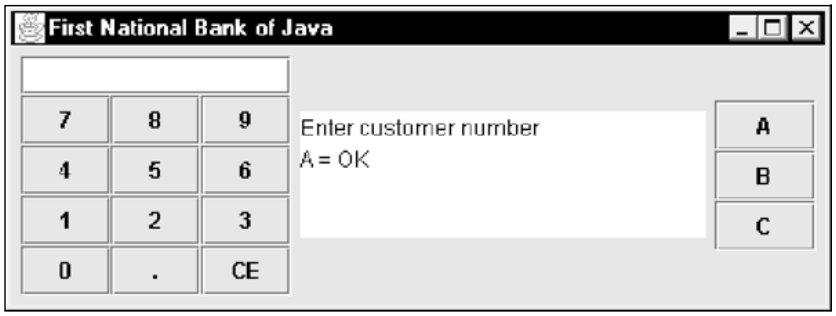


Figura 11
Interfaccia utente di un ATM

L'utente digita il numero cliente sul tastierino e preme il pulsante A. Il messaggio visualizzato diventa:

```
Enter PIN
A = OK
```

Quindi, l'utente digita il PIN e preme di nuovo il pulsante A. Se il numero cliente e il PIN corrispondono a uno dei clienti della banca, l'utente è autorizzato a procedere. In caso contrario, gli viene chiesto di nuovo il numero cliente.

Se il cliente è stato autorizzato a usare il sistema, il messaggio visualizzato diventa:

```
Select Account
A = Checking
B = Savings
C = Exit
```

Se l'utente preme il pulsante C, l'ATM torna al suo stato di partenza e chiede al successivo utente di immettere un numero cliente.

Se l'utente preme i pulsanti A o B, l'ATM ricorda il conto selezionato e il messaggio che compare assume questa forma:

```
Balance = saldo del conto selezionato
Enter amount and select transaction
A = Withdraw
B = Deposit
C = Cancel
```

Se l'utente preme il pulsante A o il pulsante B, il valore digitato sul tastierino viene prelevato dal conto selezionato o, rispettivamente, vi viene versato. (Questa è soltanto una simulazione e quindi non c'è movimento fisico di denaro.) Successivamente, l'ATM torna al suo stato precedente, consentendo all'utente di selezionare un altro conto o di uscire.

Se l'utente preme il pulsante C, l'ATM torna al suo stato precedente senza eseguire alcuna transazione.

Trattandosi di una simulazione, l'ATM non comunica materialmente con una banca, ma si limita a caricare un gruppo di numeri cliente e di PIN da un file che li contiene. Tutti i conti sono inizializzati con un saldo uguale a zero.

5.2 Schede CRC

Seguiremo ancora una volta lo schema del Paragrafo 2 per mostrare come si individuano classi, responsabilità e relazioni, e come si crea una struttura particolareggiata per il programma ATM.

Ricordate che la prima regola per trovare le classi è "cercare i sostantivi nella descrizione del problema". Ecco un elenco dei sostantivi:

```
ATM
User
KeyPad
```

```
Display
Display message
Button
State
Bank account
Checking account
Savings account
Customer
Customer number
PIN
Bank
```

Naturalmente, non tutti questi sostantivi diventeranno nomi di classi e potremmo anche scoprire che ci occorrono classi che non stanno in questo elenco, ma questo è comunque un buon modo per iniziare.

Partiamo per semplicità con una scelta non controversa. Un `KeyPad` ha l'aria di essere un'ottima scelta per una classe. Un tastierino è un componente con pulsanti e un campo di testo che consente all'utente di digitare un valore. Che cosa potremmo fare con un tastierino? Esiste un unico metodo veramente essenziale: acquisire il valore immesso dall'utente. (Naturalmente, il tastierino finirà per utilizzare uno o più metodi interni per riconoscere i pulsanti premuti, ma per ora questi dettagli di implementazione non ci riguardano.) Ecco la scheda CRC per la classe `KeyPad`:

KeyPad	
acquisisci il valore	

Per contro, esiste già un'ottima classe per la visualizzazione sullo schermo, vale a dire la classe `JTextArea`, per cui non avremo bisogno di creare una apposita classe `Display`. Analogamente, non ci serve una classe per incapsulare i messaggi da visualizzare: ci basterà utilizzare delle stringhe. Inoltre, useremo la classe esistente `JButton` per i pulsanti.

Utenti e clienti sono concettualmente uguali in questo programma. Usiamo dunque una classe `Customer`: un cliente ha due conti bancari e un oggetto che rappresenta un cliente deve poterci dire quali sono i suoi conti; un cliente ha anche un numero cliente e un PIN. Possiamo, naturalmente, esigere che un oggetto di tipo `Customer` ci fornisca il numero cliente e il PIN, però forse in questo modo si comprometterebbe la sicurezza. Invece, limitiamoci a richiedere che un oggetto di tipo `Customer`, una volta che abbia ricevuto un numero cliente e un PIN, ci dica se tali dati corrispondono alle informazioni di cui dispone.

Customer	
fornisci i conti	BankAccount
confronta numero e PIN	

Una banca contiene un insieme di clienti. Quando un utente si porta davanti all'ATM e digita numero cliente e PIN, è compito della banca trovare il cliente corrispondente. In che modo? Bisogna controllare ciascun cliente per verificare se il suo numero cliente e il PIN corrispondono. La banca ha bisogno, quindi, di chiamare il metodo della classe `Customer` che confronta numero e PIN, quello che abbiamo appena individuato. Siccome il metodo "trova cliente" chiama un metodo di `Customer`, la classe `Bank` collabora con la classe `Customer`. Annotiamo questa circostanza sulla colonna destra della scheda CRC.

Bank	
trova cliente	Customer
leggi i clienti	

Quando la simulazione inizia, la banca deve anche poter leggere un insieme di clienti e dei relativi dati.

La classe `BankAccount` è quella che già conosciamo, dotata di metodi per leggere il saldo, nonché per versare e prelevare denaro.

In questo programma non c'è nulla che distingua i conti correnti da quelli di risparmio: l'ATM non aggiunge interessi né sottrae commissioni, di conseguenza decidiamo di non usare classi separate per i conti correnti e i conti di risparmio.

Infine, siamo rimasti con la classe ATM vera e propria. Un concetto importante per l'ATM è lo stato: tutte le volte che lo stato cambia, bisogna aggiornare lo schermo e modificare il significato dei pulsanti. Ecco i quattro stati:

1. START: Immettere numero cliente
2. PIN: Immettere PIN
3. ACCOUNT: Selezionare conto
4. TRANSACT: Selezionare transazione

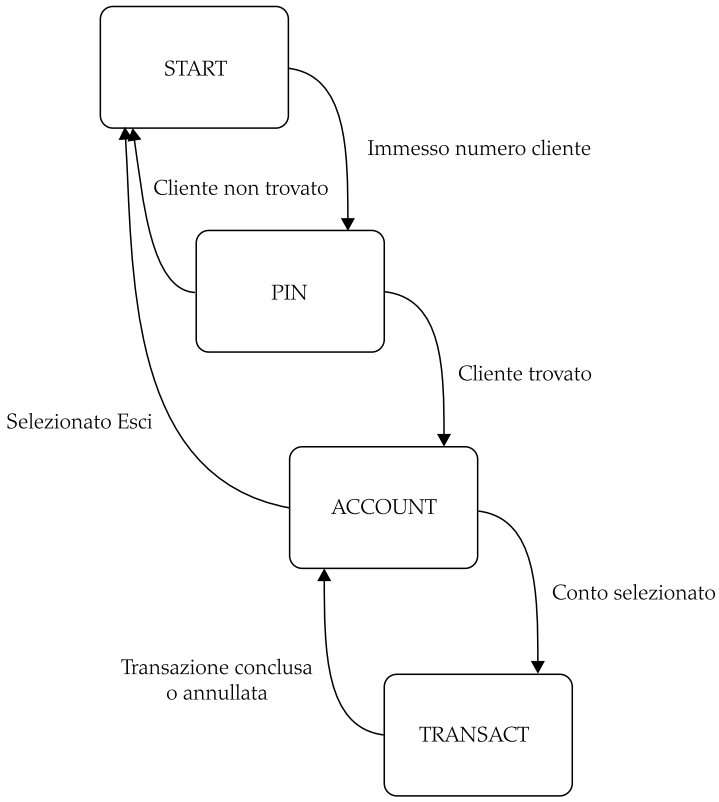


Figura 12
Diagramma degli stati per la classe ATM

Per capire come ci si sposta da uno stato al successivo è utile tracciare un *diagramma degli stati* (osservate la Figura 12). La notazione UML utilizza forme standard per i diagrammi degli stati: gli stati sono rappresentati da rettangoli con gli angoli arrotondati; i cambiamenti di stato si indicano con frecce, associate a etichette che spiegano la ragione del cambiamento.

Implementeremo un metodo `setState` che modifica lo stato del sistema e aggiorna il messaggio visualizzato sullo schermo.

L'utente deve digitare un numero cliente e un PIN che siano corretti. Successivamente l'ATM può chiedere alla banca di trovare il cliente. Per questo serve un metodo "seleziona cliente", che collabora con la banca, chiedendo quale sia il cliente che corrisponde al numero cliente e al PIN digitati. In seguito, deve esserci un metodo"seleziona conto", che chiede all'utente che opera sulla macchina se vuole agire sul suo conto corrente o sul suo conto di risparmio. Infine, i metodi `deposit` e `withdraw` eseguono la transazione selezionata sul conto selezionato.

Naturalmente, l'individuazione di queste classi e di questi metodi non è stata pulita e ordinata come appare da questa presentazione. Quando ho progettato queste classi per questo libro, ho dovuto fare parecchi tentativi e stracciare un discreto numero di schede prima di arrivare a una struttura soddisfacente. È inoltre importante ricordare che raramente esiste un unico schema che sia il migliore in assoluto.

ATM	
imposta lo stato	`Customer`
seleziona il cliente	`Bank`
seleziona il conto	`BankAccount`
esegui la transazione	`KeyPad`

Questo progetto presenta svariati vantaggi. Le classi descrivono concetti chiari. I metodi sono sufficienti per portare a termine tutti i compiti necessari. (Ho percorso mentalmente ogni possibile scenario di utilizzo dell'ATM per verificarlo.) Non vi sono troppe dipendenze di collaborazione fra le classi. Quindi, mi sono considerato soddisfatto di questa struttura e sono passato al passo successivo.

5.3 Diagramma UML

La Figura 13 mostra le relazioni fra queste classi, che evidenziano due esempi di ereditarietà: il tastierino è un pannello e l'ATM è un frame.

Per tracciare le dipendenze, utilizzate le colonne "collaboratore" delle schede CRC. Esaminando quelle colonne, troverete che le dipendenze sono le seguenti:

- `ATM` utilizza `KeyPad`, `Bank`, `Customer` e `BankAccount`.
- `Bank` usa `Customer`.
- `Customer` usa `BankAccount`.

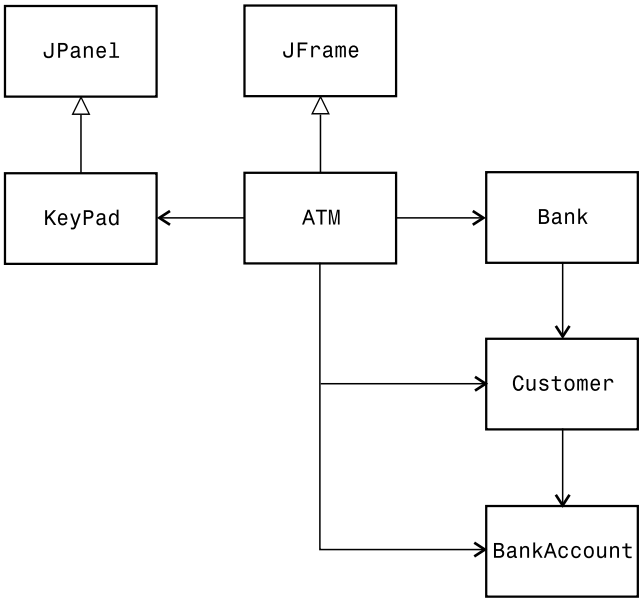


Figura 13
Relazioni fra le classi per il programma dell'ATM

Le relazioni di associazione sono facili da individuare. Partendo da una banca, è possibile navigare fino ai suoi clienti. Partendo da un cliente, si può giungere ai suoi conti bancari. Dall'ATM si possono raggiungere il tastierino, la banca, il cliente attuale e il conto attuale.

In questo caso, si vede che tutte le relazioni con i collaboratori sono associazioni, per cui non ci sono ulteriori relazioni di dipendenza da tracciare nel diagramma.

Il diagramma delle classi è un ottimo strumento per visualizzare le dipendenze. Osservate la classe `KeyPad`. È del tutto indipendente dal resto del sistema ATM: potreste estrarre la classe `KeyPad` e utilizzarla in un'altra applicazione. Anche le classi `Bank`, `BankAccount` e `Customer`, sebbene dipendenti l'una dall'altra, non sanno nulla della classe ATM. La cosa ha veramente senso: esistono banche che non hanno sportelli automatici. Come potete vedere, quando analizzate le relazioni di dipendenza, andate in cerca più dell'assenza di relazioni che della loro presenza.

5.4 Documentazione dei metodi

Ora siete pronti per il passo finale della fase di progettazione: documentare le classi e i metodi che avete identificato. Ecco la documentazione per la classe `ATM`:

```
public class ATM
{
   /**
      Legge il PIN dal tastierino e cerca il cliente nella banca.
      Se lo trova imposta lo stato a ACCOUNT, altrimenti a START.
   */
   public void selectCustomer()
   {
   }

   /**
      Imposta il conto attuale al conto corrente o di risparmio.
      Imposta lo stato a TRANSACT.
      @param account CHECKING_ACCOUNT oppure SAVINGS_ACCOUNT
   */
   public void selectAccount(int account)
   {
   }

   /**
      Preleva dal conto attuale l'importo digitato nel tastierino.
      Imposta lo stato a ACCOUNT.
   */
   public void withdraw()
   {
   }

   /**
      Versa nel conto attuale l'importo digitato nel tastierino.
      Imposta lo stato a ACCOUNT.
   */
```

```
   public void deposit()
   {
   }

   /**
      Imposta lo stato e aggiorna il messaggio visualizzato.
      @param newState il nuovo stato
   */
   public void setState(int newState)
   {
   }
}
```

Eseguite poi il programma di utilità `javadoc` per ottenere la documentazione in formato HTML.

Per brevità, omettiamo la documentazione delle altre classi.

5.5 Implementazione

Finalmente è arrivato il momento di implementare l'emulatore dell'ATM. Troverete che la fase di implementazione è quasi immediata e dovrebbe assorbire *molto meno tempo della fase di progettazione*.

Una valida strategia per realizzare le classi consiste nel procedere "dal basso verso l'alto" (*bottom-up*): iniziate con le classi che non dipendono da altre classi, come `KeyPad` e `BankAccount`, poi realizzate una classe, come `Customer`, che dipende soltanto dalla classe `BankAccount`. Questa metodologia "bottom-up" vi consente di collaudare le classi singolarmente. Alla fine del paragrafo troverete l'implementazione di queste classi.

La classe più complessa è la classe `ATM`. Per realizzarne i metodi, dovete definire le variabili istanza necessarie. Dal diagramma delle classi, potete dedurre che l'ATM ha un tastierino e una banca, che divengono variabili istanza della classe:

```
class ATM
{  ...
   private Bank theBank;
   private KeyPad pad;
   ...
}
```

Dalla descrizione degli stati dell'ATM, è evidente che abbiamo bisogno di ulteriori variabili per memorizzare lo stato, il cliente e il conto attuali.

```
class ATM
{  ...
   private int state;
   private Customer currentCustomer;
   private BankAccount currentAccount;
   ...
}
```

La maggior parte dei metodi si implementa molto semplicemente. Considerate il

metodo `withdraw`. Dalla documentazione di progetto abbiamo la seguente descrizione :

```
/**
   Preleva dal conto attuale l'importo digitato nel tastierino.
   Imposta lo stato a ACCOUNT.
*/
```

Questa descrizione si può tradurre quasi letteralmente in istruzioni Java:

```
public void withdraw()
{
    currentAccount.withdraw(pad.getValue());
    setState(ACCOUNT_STATE);
}
```

Gran parte della complessità che rimane nel programma ATM proviene dall'interfaccia utente. Il costruttore di `ATM` ha molti enunciati che servono per posizionare i vari componenti e vi sono tre gestori di pulsanti che laboriosamente chiamano i vari metodi della classe `ATM` in funzione dello stato. Questo codice è un po' lungo, ma di immediata comprensione e stesura.

Non ci dedicheremo a una descrizione del programma ATM metodo per metodo, anche se dovreste dedicare un po' di tempo a confrontare l'implementazione effettiva con le schede CRC e il diagramma UML.

File ATMSimulation.java

```
import javax.swing.JFrame;

/**
   Simulazione di uno sportello bancario automatico.
*/
public class ATMSimulation
{
   public static void main(String[] args)
   {
      JFrame frame = new ATM();
      frame.setTitle("First National Bank of Java");
      frame.setDefaultCloseOperation(JFrame.EXIT_ON_CLOSE);
      frame.pack();
      frame.show();
   }
}
```

File ATM.java

```
import java.awt.Container;
import java.awt.FlowLayout;
import java.awt.GridLayout;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import java.awt.event.WindowEvent;
import java.awt.event.WindowAdapter;
```

```
import java.io.IOException;
import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JFrame;
import javax.swing.JOptionPane;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JTextArea;

/**
   Un frame che visualizza i componenti dell'ATM.
*/
class ATM extends JFrame
{
   /**
      Costruisce l'interfaccia utente dell'applicazione ATM.
   */
   public ATM()
   {
      // inizializza la banca e i clienti

      theBank = new Bank();
      try
      {
         theBank.readCustomers("customers.txt");
      }
      catch(IOException e)
      {
         JOptionPane.showMessageDialog(null,
               "Error opening accounts file.");
      }

      // costruisci i componenti

      pad = new KeyPad();

      display = new JTextArea(4, 20);

      aButton = new JButton("  A  ");
      aButton.addActionListener(new AButtonListener());

      bButton = new JButton("  B  ");
      bButton.addActionListener(new BButtonListener());

      cButton = new JButton("  C  ");
      cButton.addActionListener(new CButtonListener());

      // aggiungi i componenti al pannello dei contenuti

      JPanel buttonPanel = new JPanel();
      buttonPanel.setLayout(new GridLayout(3, 1));
      buttonPanel.add(aButton);
      buttonPanel.add(bButton);
      buttonPanel.add(cButton);
      Container contentPane = getContentPane();
       contentPane.setLayout(new FlowLayout());
```

```
      contentPane.add(pad);
      contentPane.add(display);
      contentPane.add(buttonPanel);

      setState(START_STATE);
   }

   /**
      Imposta il numero del cliente attuale al valore digitato
      sul tastierino e imposta lo stato a PIN.
   */
   public void setCustomerNumber()
   {
      customerNumber = (int)pad.getValue();
      setState(PIN_STATE);
   }

   /**
      Legge il PIN dal tastierino e cerca il cliente nella banca.
      Se lo trova imposta lo stato a ACCOUNT, altrimenti a START.
   */
   public void selectCustomer()
   {
      int pin = (int)pad.getValue();
      currentCustomer = theBank.findCustomer(
            customerNumber, pin);
      if (currentCustomer == null)
         setState(START_STATE);
      else
         setState(ACCOUNT_STATE);
   }

   /**
      Imposta il conto attuale al conto corrente o di risparmio.
      Imposta lo stato a TRANSACT.
      @param account CHECKING_ACCOUNT oppure SAVINGS_ACCOUNT
   */
   public void selectAccount(int account)
   {
      if (account == CHECKING_ACCOUNT)
         currentAccount =
               currentCustomer.getCheckingAccount();
      else
         currentAccount =
               currentCustomer.getSavingsAccount();
      setState(TRANSACT_STATE);
   }

   /**
      Preleva dal conto attuale l'importo digitato nel tastierino.
      Imposta lo stato a ACCOUNT.
   */
   public void withdraw()
   {
```

```
   currentAccount.withdraw(pad.getValue());
   setState(ACCOUNT_STATE);
}

/**
   Versa nel conto attuale l'importo digitato nel tastierino.
   Imposta lo stato a ACCOUNT.
*/
public void deposit()
{
   currentAccount.deposit(pad.getValue());
   setState(ACCOUNT_STATE);
}

/**
   Imposta lo stato e aggiorna il messaggio visualizzato.
   @param newState il nuovo stato
*/
public void setState(int newState)
{
   state = newState;
   pad.clear();
   if (state == START_STATE)
      display.setText(
            "Enter customer number\nA = OK");
   else if (state == PIN_STATE)
      display.setText("Enter PIN\nA = OK");
   else if (state == ACCOUNT_STATE)
      display.setText("Select Account\n"
            + "A = Checking\nB = Savings\nC = Exit");
   else if (state == TRANSACT_STATE)
      display.setText("Balance = "
            + currentAccount.getBalance()
            + "\nEnter amount and select transaction\n"
            + "A = Withdraw\nB = Deposit\nC = Cancel");
}

private class AButtonListener implements ActionListener
{
   public void actionPerformed(ActionEvent event)
   {
      if (state == START_STATE)
         setCustomerNumber();
      else if (state == PIN_STATE)
         selectCustomer();
      else if (state == ACCOUNT_STATE)
         selectAccount(CHECKING_ACCOUNT);
      else if (state == TRANSACT_STATE)
         withdraw();
   }
}

private class BButtonListener implements ActionListener
{
```

```
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            if (state == ACCOUNT_STATE)
               selectAccount(SAVINGS_ACCOUNT);
            else if (state == TRANSACT_STATE)
               deposit();
         }
      }

      private class CButtonListener implements ActionListener
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            if (state == ACCOUNT_STATE)
               setState(START_STATE);
            else if (state == TRANSACT_STATE)
               setState(ACCOUNT_STATE);
         }
      }

      private int state;
      private int customerNumber;
      private Customer currentCustomer;
      private BankAccount currentAccount;
      private Bank theBank;

      private JButton aButton;
      private JButton bButton;
      private JButton cButton;

      private KeyPad pad;
      private JTextArea display;

      private static final int START_STATE = 1;
      private static final int PIN_STATE = 2;
      private static final int ACCOUNT_STATE = 3;
      private static final int TRANSACT_STATE = 4;

      private static final int CHECKING_ACCOUNT = 1;
      private static final int SAVINGS_ACCOUNT = 2;
   }
```

File KeyPad.java

```
import java.awt.BorderLayout;
import java.awt.GridLayout;
import java.awt.event.ActionEvent;
import java.awt.event.ActionListener;
import javax.swing.JButton;
import javax.swing.JPanel;
import javax.swing.JTextField;

/**
   Un componente che consente all'utente di digitare un
```

```
   numero, usando un tastierino con pulsanti etichettati
   con cifre.
*/
public class KeyPad extends JPanel
{
   /**
      Costruisce il pannello del tastierino.
   */
   public KeyPad()
   {
      setLayout(new BorderLayout());

      // aggiungi il campo di visualizzazione

      display = new JTextField();
      add(display, BorderLayout.NORTH);

      // costruisci il pannello dei pulsanti

      buttonPanel = new JPanel();
      buttonPanel.setLayout(new GridLayout(4, 3));

      // aggiungi i pulsanti per le cifre

      addButton("7");
      addButton("8");
      addButton("9");
      addButton("4");
      addButton("5");
      addButton("6");
      addButton("1");
      addButton("2");
      addButton("3");
      addButton("0");
      addButton(".");

      // aggiungi il pulsante di cancellazione

      clearButton = new JButton("CE");
      buttonPanel.add(clearButton);

      class ClearButtonListener implements ActionListener
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            display.setText("");
         }
      }

      clearButton.addActionListener(
            new ClearButtonListener());

      add(buttonPanel, BorderLayout.CENTER);
   }
```

```
   /**
      Aggiunge un pulsante al pannello dei pulsanti.
      @param label l'etichetta del pulsante
   */
   private void addButton(final String label)
   {
      class DigitButtonListener implements ActionListener
      {
         public void actionPerformed(ActionEvent event)
         {
            // non aggiungere due punti decimali
            if (label.equals(".")
                  && display.getText().indexOf(".") != -1)
               return;

            display.setText(display.getText() + label);
         }
      }

      JButton button = new JButton(label);
      buttonPanel.add(button);
      button.addActionListener(new DigitButtonListener());
   }

   /**
      Fornisce il valore digitato dall'utente.
      @return il valore presente nel campo di testo
              del tastierino
   */
   public double getValue()
   {
      return Double.parseDouble(display.getText());
   }

   /**
      Azzera il visualizzatore.
   */
   public void clear()
   {
      display.setText();
   }

   private JPanel buttonPanel;
   private JButton clearButton;
   private JTextField display;
}
```

File Bank.java

```
import java.io.BufferedReader;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.util.ArrayList;
import java.util.StringTokenizer;
```

```
/**
   Una banca contiene clienti con i loro conti bancari.
*/
public class Bank
{
   /**
      Costruisce una banca senza clienti.
   */
   public Bank()
   {
      customers = new ArrayList();
   }

   /**
      Legge i numeri cliente e i PIN e inizializza
      i conti bancari.
      @param filename il nome del file con i clienti
   */
   public void readCustomers(String filename)
         throws IOException
   {
      BufferedReader in = new BufferedReader(
            new FileReader(filename));
      boolean done = false;
      while (!done)
      {
         String inputLine = in.readLine();
         if (inputLine == null) done = true;
         else
         {
            StringTokenizer tokenizer
                  new StringTokenizer(inputLine);
            int number =
                  Integer.parseInt(tokenizer.nextToken());
            int pin =
                  Integer.parseInt(tokenizer.nextToken());

            Customer c = new Customer(number, pin);
            addCustomer(c);
         }
      }
      in.close();
   }

   /**
      Aggiunge un cliente alla banca.
      @param c il cliente da aggiungere
   */
   public void addCustomer(Customer c)
   {
      customers.add(c);
   }
```

```
   /**
      Cerca un cliente nella banca.
      @param aNumber un numero cliente
      @param aPin un numero di identificazione personale
      @return il cliente corrispondente
              oppure null se nessun cliente corrisponde
   */
   public Customer findCustomer(int aNumber, int aPin)
   {
      for (int i = 0; i < customers.size(); i++)
      {
         Customer c = (Customer)customers.get(i);
         if (c.match(aNumber, aPin))
            return c;
      }
      return null;
   }

   private ArrayList customers;
}
```

File Customer.java

```
/**
   Un cliente della banca con un conto corrente e un conto
   di risparmio.
*/
public class Customer
{
   /**
      Costruisce un cliente con un numero e un PIN assegnati.
      @param aNumber il numero cliente
      @param aPin il numero di identificazione personale
   */
   public Customer(int aNumber, int aPin)
   {
      customerNumber = aNumber;
      pin = aPin;
      checkingAccount = new BankAccount();
      savingsAccount = new BankAccount();
   }

   /**
      Verifica se questo cliente corrisponde al numero e al PIN.
      @param aNumber il numero cliente
      @param aPin il numero di identificazione personale
      @return true se il numero e il PIN corrispondono
   */
   public boolean match(int aNumber, int aPin)
   {
      return customerNumber == aNumber && pin == aPin;
   }
   /**
      Fornisce il conto corrente del cliente.
      @return il conto corrente
```

```
      */
      public BankAccount getCheckingAccount()
      {
         return checkingAccount;
      }

      /**
         Fornisce il conto di risparmio del cliente.
         @return il conto di risparmio
      */
      public BankAccount getSavingsAccount()
      {
         return savingsAccount;
      }

      private int customerNumber;
      private int pin;
      private BankAccount checkingAccount;
      private BankAccount savingsAccount;
   }
```

In questo capitolo avete appreso un approccio *sistematico* per la costruzione di un programma relativamente complesso. Tuttavia, la progettazione orientata agli oggetti non è decisamente uno sport da spettatori. Per imparare davvero come progettare e implementare programmi, dovete farvi un'esperienza ripetendo questo processo con i vostri progetti. È del tutto possibile che non vi riesca di individuare subito una buona soluzione e che vi tocchi tornare indietro e riorganizzare le classi e le responsabilità. Questo è normale e c'è solo da aspettarselo. Il procedimento che si compie con la progettazione orientata agli oggetti ha proprio lo scopo di scoprire questi problemi mentre ci si trova ancora nella fase di progettazione, quando sono ancora facili da risolvere, invece di scoprirli durante la fase di implementazione, quando un'eventuale riorganizzazione su larga scala è molto più ardua e fa perdere molto tempo.

Note di cronaca 2

Informatica: arte o scienza?

Si è dibattuto a lungo se la disciplina dell'informatica sia una scienza oppure no. Negli Stati Uniti si parla di "computer science", ma questo non vuol dire molto: eccettuati forse i bibliotecari e i sociologi, poche persone sono davvero convinte che la scienza della biblioteconomia e le scienze sociali siano attività scientifiche.

Una disciplina scientifica aspira a scoprire certi principi fondamentali imposti dalle leggi della natura. Si avvale del *metodo scientifico*: formula ipotesi e le mette alla prova con esperimenti che altri ricercatori di quel settore possono ripetere. Per esempio, un fisico potrebbe avere una sua teoria sulla composizione delle particelle nucleari e provare a verificarla o a contraddirla eseguendo esperimenti con un acceleratore di particelle. Se un esperimento non può essere verificato, come nel caso delle ricer-

che sulla "fusione a freddo" all'inizio degli anni Novanta, quella teoria è destinata a estinguersi rapidamente.

Vi sono programmatori che fanno davvero esperimenti. Provano vari metodi per calcolare certi risultati o per configurare sistemi di computer e misurano le differenze nelle prestazioni. Tuttavia, il loro obiettivo non è quello di scoprire leggi della natura.

Alcuni scienziati informatici scoprono principi fondamentali. Una classe di risultati fondamentali, per esempio, stabilisce che è impossibile scrivere determinati tipi di programmi per computer, non importa quanto sia potente la macchina per elaborarli. Per esempio, è impossibile scrivere un programma che prenda come dati di ingresso due programmi qualunque in codice sorgente Java e verifichi se questi due programmi forniscono oppure no sempre lo stesso risultato. Un programma di questo genere tornerebbe molto comodo per valutare i compiti a casa degli studenti, ma nessuno, per brillante che sia, sarà mai in grado di scriverne uno che funzioni per tutti i possibili file in ingresso. I programmatori, però, nella gran maggioranza, scrivono programmi, invece di indagare sui limiti teorici della programmazione.

Alcune persone considerano la programmazione un'*arte* o una forma di *artigianato*. Un programmatore che scriva un codice elegante, facile da capire e che venga eseguito con efficienza ottimale, può davvero essere considerato un buon artigiano. Parlare di arte è forse un po' esagerato, perché un oggetto d'arte esige un pubblico di fruitori che lo apprezzi, mentre il codice di un programma di solito non è visibile a chi usa il programma.

Altri considerano l'informatica una *disciplina dell'ingegneria*. Proprio come l'ingegneria meccanica è basata sui principi fondamentali della statica, espressi in forma matematica, l'informatica ha alcune fondamenta matematiche. L'ingegneria meccanica, però, non si riduce alla sola matematica, c'è molto di più, per esempio la conoscenza dei materiali e la pianificazione dei progetti. Lo stesso vale per l'informatica.

Uno degli aspetti che un po' turbano dell'informatica è il fatto che non ha la stessa autorevolezza di altre discipline dell'ingegneria. Non c'è unanimità di consensi in merito a ciò che costituisce un comportamento professionale nel campo della programmazione. Diversamente dagli scienziati, la cui principale responsabilità è la ricerca della verità, gli ingegneri devono affrontare esigenze conflittuali in termini di qualità, sicurezza ed economicità. Le discipline dell'ingegneria hanno organizzazioni professionali che vincolano i loro associati a determinati standard di condotta. Il campo dei computer è ancora così nuovo che in molti casi noi semplicemente non sappiamo quale sia il metodo corretto per ottenere determinati risultati. E questo rende davvero difficile stabilire standard professionali.

Che cosa ne pensate? Sulla base della vostra limitata esperienza, considerate la disciplina dell'informatica un'arte, un attività artigianale, una scienza o un'attività nel campo dell'ingegneria?

Riepilogo del capitolo

1. Il ciclo di vita del software comprende tutte le fasi, dall'analisi iniziale all'obsolescenza.
2. Un procedimento formale per lo sviluppo del software descrive le fasi del processo di sviluppo e fornisce linee guida su come portare a termine ciascuna fase.

3. Il modello a cascata per lo sviluppo del software descrive un procedimento sequenziale di analisi, progettazione, realizzazione collaudo e installazione.
4. Il modello a spirale per lo sviluppo del software descrive un processo iterativo in cui vengono ripetute fasi di progettazione e di realizzazione.
5. La Programmazione Estremizzata è una metodologia di sviluppo che insegue la semplicità eliminando la struttura formale e concentrandosi sulle migliori regole pratiche.
6. Nella progettazione orientata agli oggetti, dovete identificare le classi, determinare i loro compiti e descriverne le relazioni.
7. Una scheda CRC descrive una classe, le sue responsabilità e le classi che collaborano con essa.
8. L'ereditarietà (la relazione *è-un*) viene a volte usata a sproposito, quando invece una relazione *ha-un* sarebbe più opportuna.
9. Una classe è associata a un'altra se potete spostarvi da suoi oggetti a oggetti dell'altra classe, solitamente seguendo un riferimento a oggetto.
10. La dipendenza è un altro nome per la relazione "usa".
11. Dovete essere in grado di distinguere le notazioni UML per l'ereditarietà, l'implementazione, l'associazione e la dipendenza.
12. Potete usare i commenti di documentazione di `javadoc` (con i corpi dei metodi in bianco) per annotare formalmente il comportamento delle classi che avete individuato.

Ulteriori letture

[1] Grady Booch, James Rumbaugh e Ivar Jacobson, *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley, 1999.
[2] Kent Beck, *Extreme Programming Explained*, Addison-Wesley, 1999.
[3] W.H. Sackmann, W.J. Erikson e E.E. Grant, "Exploratory Experimental Studies Comparing Online and Offline Programming Performance", *Communications of the ACM*, vol 11, n. 1, (Gennaio 1968), pagg. 3-11.
[4] F. Brooks, *The Mythical Man-Month*, Addison-Wesley, 1975.

Eercizi di ripasso

Esercizio R.1. Che cos'è il ciclo di vita del software?

Esercizio R.2. Spiegate il processo di progettazione orientata agli oggetti, il cui utilizzo viene raccomandato agli studenti in questo capitolo.

Esercizio R.3. Indicate una regola pratica per trovare le classi quando si progetta un programma.

Esercizio R.4. Indicate una regola pratica per trovare i metodi quando si progetta un programma.

Esercizio R.5. Dopo aver identificato un metodo, perché è importante identificare l'oggetto che è *responsabile* per l'esecuzione dell'attività corrispondente?

Esercizio R.6. Quale relazione fra le seguenti classi è appropriata: ereditarietà, associazione o nessuna delle due?

```
Università-Studente
Studente-Assistente
Studente-StudenteDelPrimoAnno
Studente-Professore
Automobile-Porta
Autocarro-Veicolo
Traffico-SegnaleStradale
SegnaleStradale-Colore
```

Esercizio R.7. Ogni BMW è un'automobile. Una classe `BMW` dovrebbe ereditare dalla classe `Car`? BMW è un fabbricante di automobili. Questo significa forse che la classe `BMW` dovrebbe ereditare dalla classe `CarManufacturer`?

Esercizio R.8. Alcuni libri sulla programmazione orientata agli oggetti raccomandano di derivare la classe `Circle` dalla classe `Point`. In tal caso, la classe `Circle` eredita il metodo `setLocation` dalla superclasse `Point`. Spiegate perché non c'è bisogno che il metodo `setLocation` sia ridefinito nella sottoclasse. Perché, ciò nonostante, non è bene che `Circle` erediti da `Point`? Per converso, derivando `Point` da `Circle`, si soddisferebbe la regola "è-un"? Sarebbe una buona idea?

Esercizio R.9. Scrivete le schede CRC per le classi `Coin` e `Purse` del Capitolo 3.

Esercizio R.10. Scrivete le schede CRC per le classi dei conti bancari nel Capitolo 10.

Esercizio R.11. Tracciate un diagramma UML per le classi `Coin` e `Purse` del Capitolo 3.

Esercizio R.12. Scrivete un diagramma UML per le classi del programma `ChoiceTest` del Capitolo 11. Usate le associazioni quando è opportuno.

Esercizio R.13. Un file contiene un insieme di record che descrivono nazioni. Ciascun record contiene il nome della nazione, la sua popolazione e l'area della sua superficie. Supponete che il vostro compito sia quello di scrivere un programma che legge tale file e che visualizza:

- la nazione con la superficie maggiore;
- la nazione con la popolazione maggiore;
- la nazione con la maggiore densità di popolazione (persone per chilometro quadrato).

Pensate ai problemi che dovete risolvere. Quali classi e metodi vi servono? Generate un insieme di schede CRC, un diagramma UML e un insieme di commenti `javadoc`.

Esercizio R.14. Individuate classi e metodi per generare la situazione universitaria di uno studente che elenchi i corsi, i voti e la media dei voti per un semestre. Generate un insieme di schede CRC, un diagramma UML e un insieme di commenti `javadoc`.

Esercizi di programmazione

Esercizio P.1. Migliorate il programma di gestione delle fatture prevedendo due tipi diversi di righe che descrivono articoli: uno che descrive prodotti che vengono acquistati in una determinata quantità numerica (come, ad esempio, "tre tostapane") e un altro che descrive un addebito fisso (come "spedizione: € 5.00"). *Suggerimento*: Usate l'ereditarietà. Generate un diagramma UML della vostra implementazione modificata.

Esercizio P.2. Il programma di gestione delle fatture è abbastanza poco realistico perché l'impaginazione degli oggetti di tipo `Item` non produce buoni risultati visivi quando i prezzi e le quantità hanno un numero variabile di cifre. Migliorate il metodo `format` in due modi: accettando come parametro un array di tipo `int[]` contenente le ampiezze delle colonne, e usando la classe `NumberFormat` per impaginare i valori monetari.

Esercizio P.3. Il programma di gestione delle fatture ha un brutto errore di progettazione: mescola la "logica di gestione" (*business logic*), cioè il calcolo degli addebiti totali, con la "presentazione", l'aspetto visivo della fattura. Per apprezzare meglio questo errore, immaginate le modifiche che sarebbero necessarie per visualizzare la fattura in HTML per pubblicarla sul web. Implementate nuovamente il programma, usando una classe `InvoiceFormatter` separata per impaginare la fattura. In questo caso, i metodi di `Invoice` e di `Item` non hanno più la responsabilità di impaginazione, ma acquisiscono nuove responsabilità, perché la classe `InvoiceFormatter` ha bisogno di conoscere alcuni valori di tali classi.

Esercizio P.4. Implementate un programma per insegnare alla vostra sorellina a *leggere l'orologio*. Nel gioco, visualizzate un orologio analogico come quello della Figura 14. Generate orari casuali e visualizzate l'orologio. Accettate tentativi dalla giocatrice. Premiate la giocatrice per le ipotesi corrette. Dopo due tentativi sbagliati, visualizzate la risposta giusta e generate un altro orario casuale. Realizzate vari livelli di gioco. Al livello 1, visualizzate soltanto ore piene. Al livello 2, mostrate quarti d'ora. Al livello 3 fate vedere multipli di cinque minuti e al livello 4 mostrate un numero qualunque di minuti. Dopo che la giocatrice ha dato cinque risposte corrette a un dato livello, passate a quello successivo.

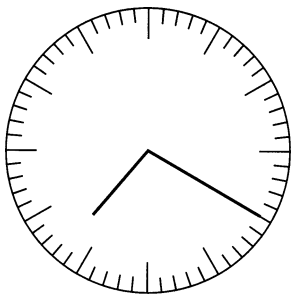


Figura 14
Un orologio analogico

Esercizio P.5. Scrivete un programma che implementi un gioco diverso, per insegnare l'aritmetica al vostro fratellino. Il programma propone addizioni e sottrazioni. Al livello 1 propone solo addizioni di numeri inferiori a 10 e che danno una somma inferiore a 10. Al livello 2 propone addizioni di numeri qualsiasi di una sola cifra. Al livello 3 propone sottrazioni di numeri di una sola cifra che non producono differenze negative. Generate problemi casuali e acquisite la risposta del giocatore. Il giocatore ha a disposizione due tentativi per ogni problema. Passate da un livello a quello superiore quando il giocatore ha totalizzato cinque punti. L'interfaccia utente potrà essere grafica o basata su testo.

Esercizio P.6. Scrivete un gioco basato su automobiline che rimbalzano rispettando le seguenti regole. Le automobiline sono collocate sui punti (x, y) di una griglia, dove x e y sono numeri interi compresi fra –10 e 10. Un'automobilina inizia a muoversi in una direzione casuale, che può essere destra, sinistra, alto o basso. Se tocca un bordo (vale a dire, se x o y diventa 10 o –10) inverte la direzione. Se sta per urtare un'altra automobilina, inverte la direzione. Fornite un'interfaccia utente che consenta di aggiungere altre automobiline e di eseguire la simulazione. Usate almeno quattro classi nel vostro programma.

Esercizio P.7. Scrivete un programma che si possa utilizzare per tracciare una scena urbana, con case, strade e automobili. Gli utenti possono aggiungere a una strada case e automobili di vari colori. Progettate un'interfaccia utente che soddisfi i requisiti, identificate le classi e i metodi, fornite diagrammi UML e implementate il programma.

Esercizio P.8. Progettate un semplice sistema di messaggistica e-mail. Un messaggio ha un destinatario, un mittente e un testo del messaggio. Una casella postale può immagazzinare messaggi. Fornite un certo numero di caselle postali per utenti diversi e un'interfaccia utente tramite la quale gli utenti possano entrare nel sistema, inviare messaggi ad altri utenti, leggere i propri messaggi e uscire dal sistema. La vostra interfaccia utente potrà essere grafica o basata su testo. Seguite il procedimento di progettazione che è stato descritto in questo capitolo.

Esercizio P.9. Scrivete un programma che simuli una macchina distributrice. I prodotti si possono acquistare inserendo nella macchina il numero giusto di monete. L'utente seleziona un prodotto da un elenco di prodotti disponibili, inserisce le monete e ottiene il prodotto, oppure gli vengono restituite le monete se l'importo inserito non è sufficiente o se il prodotto è esaurito. Un operatore può ripristinare la scorta dei prodotti e ritirare il denaro. Seguite il processo di progettazione che è stato descritto in questo capitolo.

Esercizio P.10. Scrivete un programma che definisca un calendario di appuntamenti. Un appuntamento si compone di una data, di un orario di inizio, di un orario di fine e di una descrizione, per esempio:

```
Dentista 1/10/2001 17:30 18:30
Corso CS1 22/10/2001 08:30 10:00
```

Fornite un'interfaccia utente che consenta di aggiungere appuntamenti, eliminare appuntamenti annullati e stampare un elenco di appuntamenti per una data giornata. La vostra interfaccia utente potrà essere grafica o basata su testo. Seguite il procedimento di progettazione che è stato descritto in questo capitolo.

Esercizio P.11. *Posti a sedere in aereo*. Scrivete un programma che assegni i posti su un aeroplano. Supponete che l'aeroplano abbia 20 posti in prima classe (5 file di 4 posti ciascuna, separati da un corridoio) e 180 posti in classe economica (30 file di 6 posti ciascuna, separati da un corridoio). Il vostro programma deve accettare tre comandi: aggiungere passeggeri, mostrare la distribuzione dei posti, e uscire. Quando si aggiungono i passeggeri, dovete chiedere la classe (prima o economica), il numero di passeggeri che viaggiano assieme (1 o 2 in prima classe; da 1 a 3 in economica) e la posizione preferita (lato finestrino o corridoio in prima classe; corridoio, centro o finestrino in classe economica). Quindi dovrete tentare di trovare una soluzione e assegnare i posti. Se non esiste soluzione, stampate un messaggio. La vostra interfaccia utente potrà essere grafica o basata su testo. Seguite il procedimento di progettazione che è stato descritto in questo capitolo.

Esercizio P.12. Scrivete un semplice editor di grafica che consenta all'utente di aggiungere a un pannello un insieme misto di sagome (ellissi, rettangoli, linee e testo in colori diversi). Fornite i comandi per salvare e ripristinare il disegno. Per semplicità, potete usare un'unica dimensione per il testo e non siete tenuti a riempire le sagome. Progettate un'interfaccia utente, individuate le classi, fornite un diagramma UML e implementate il programma.

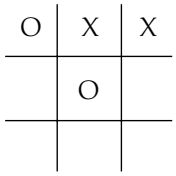
Esercizio P.13. Scrivete un programma per il gioco "tic-tac-toe" che consenta a un giocatore umano di giocare contro il computer. Il vostro programma giocherà molte partite contro un avversario umano e imparerà. Quando è il turno del computer, la macchina seleziona casualmente uno spazio libero, però non sceglierà mai una combinazione perdente. A questo scopo, il vostro programma deve tenere aggiornato un array di combinazioni perdenti. Tutte le volte che il giocatore umano vince, la combinazione immediatamente precedente viene memorizzata come perdente. Per esempio, supponiamo che X sia il computer e O sia il giocatore umano. Immaginiamo che la combinazione attuale sia

O	X	X
	O	

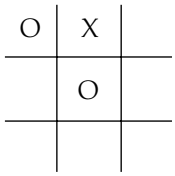
Ora è il turno dell'umano, che sceglierà naturalmente

O	X	X
	O	
		O

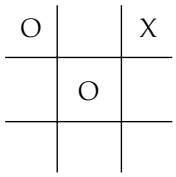
Il computer dovrebbe quindi ricordare la combinazione precedente



considerandola come combinazione perdente. Di conseguenza, il computer non sceglierà mai un'altra volta tale combinazione a partire da



oppure da



Individuate le classi e fornite un diagramma UML prima di cominciare a programmare. *Suggerimento*: create una classe `Combination` che contenga un array `int[][]`. Ciascun elemento in quell'array bidimensionale è `EMPTY`, `FILLED_X` o `FILLED_O`. Scrivete un metodo `equals` che verifichi se due combinazioni sono uguali.