

Il Modello Entità – Relazione (ER)

foglia@iet.unipi.it

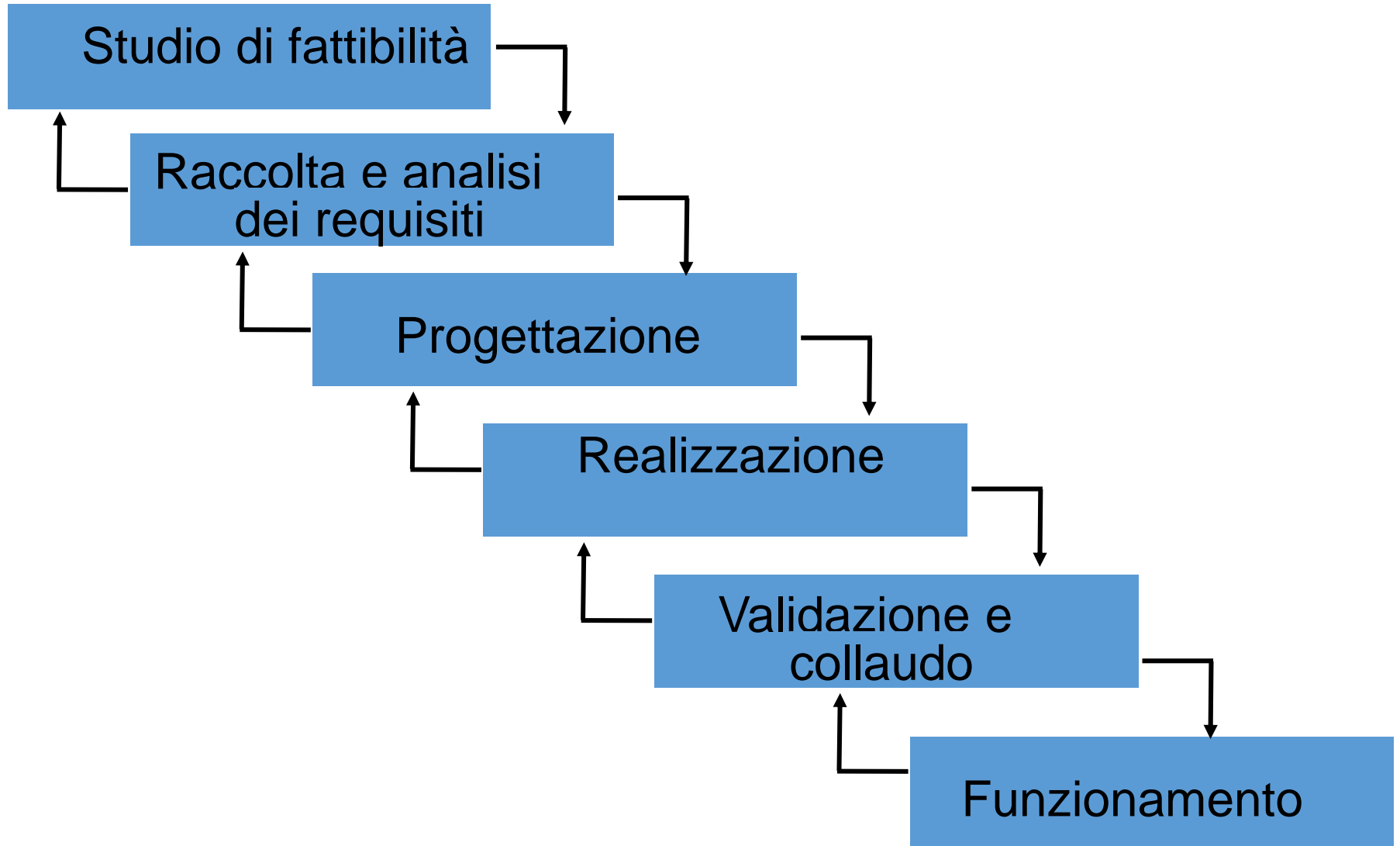
Sommario

- Il modello Entità – Relazione per la progettazione concettuale delle basi di dati

Progettazione della basi di dati

- È una delle attività del processo di sviluppo dei sistemi informativi
- va quindi inquadrata in un contesto più generale:
- **il ciclo di vita dei sistemi informativi:**
 - Insieme e sequenzializzazione delle attività svolte da analisti, progettisti, utenti, nello sviluppo e nell'uso dei sistemi informativi
 - attività iterativa, quindi **ciclo**

Ciclo di vita del sistema informativo



Fasi (tecniche) del ciclo di vita

- Studio di fattibilità: definizione costi e priorità
- Raccolta e analisi dei requisiti: studio delle proprietà del sistema
- Progettazione: di dati e applicazioni
- realizzazione
- Validazione e collaudo: sperimentazione
- Funzionamento: il sistema diventa operativo

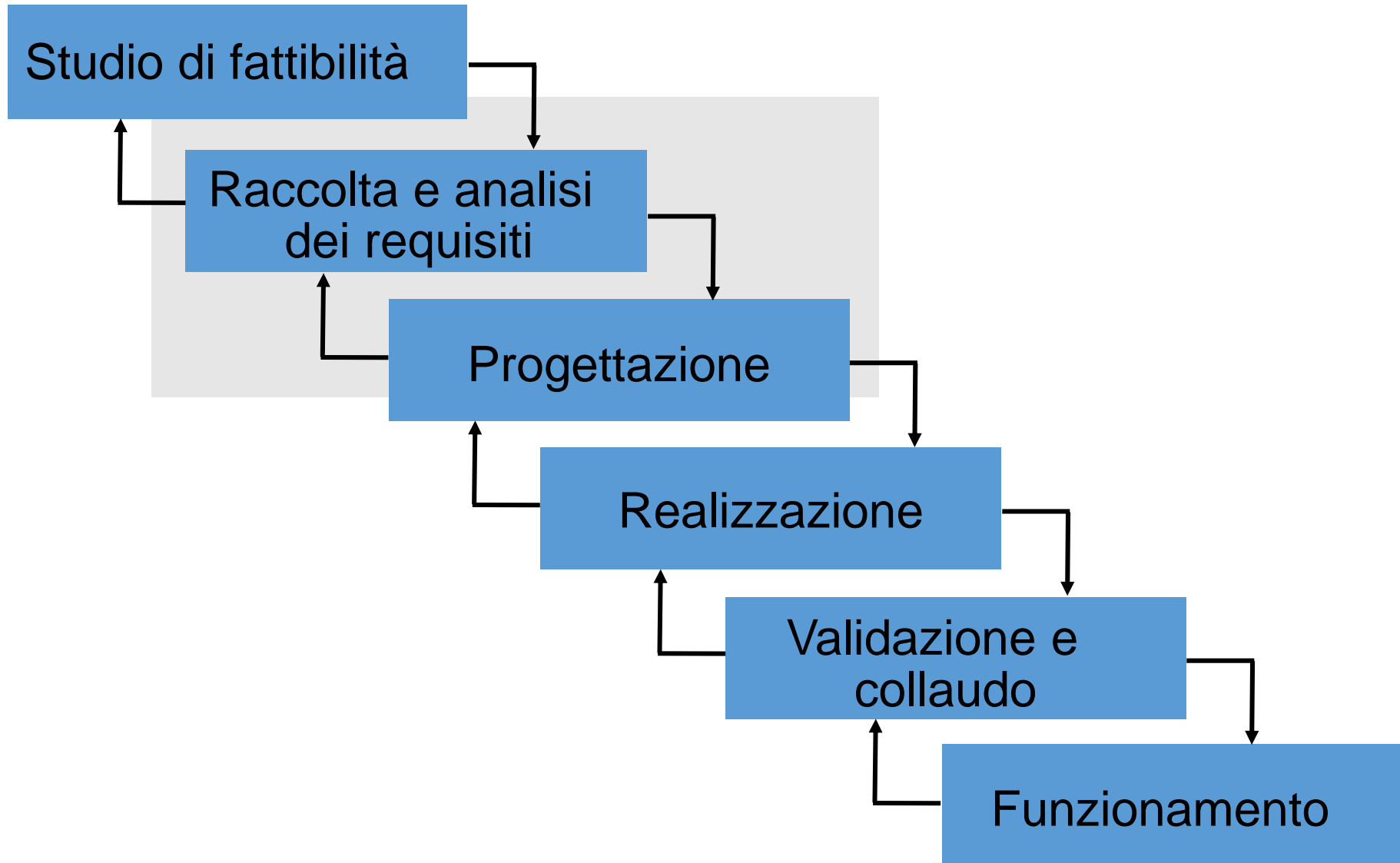
Progettazione

La progettazione di un sistema informativo riguarda due aspetti:

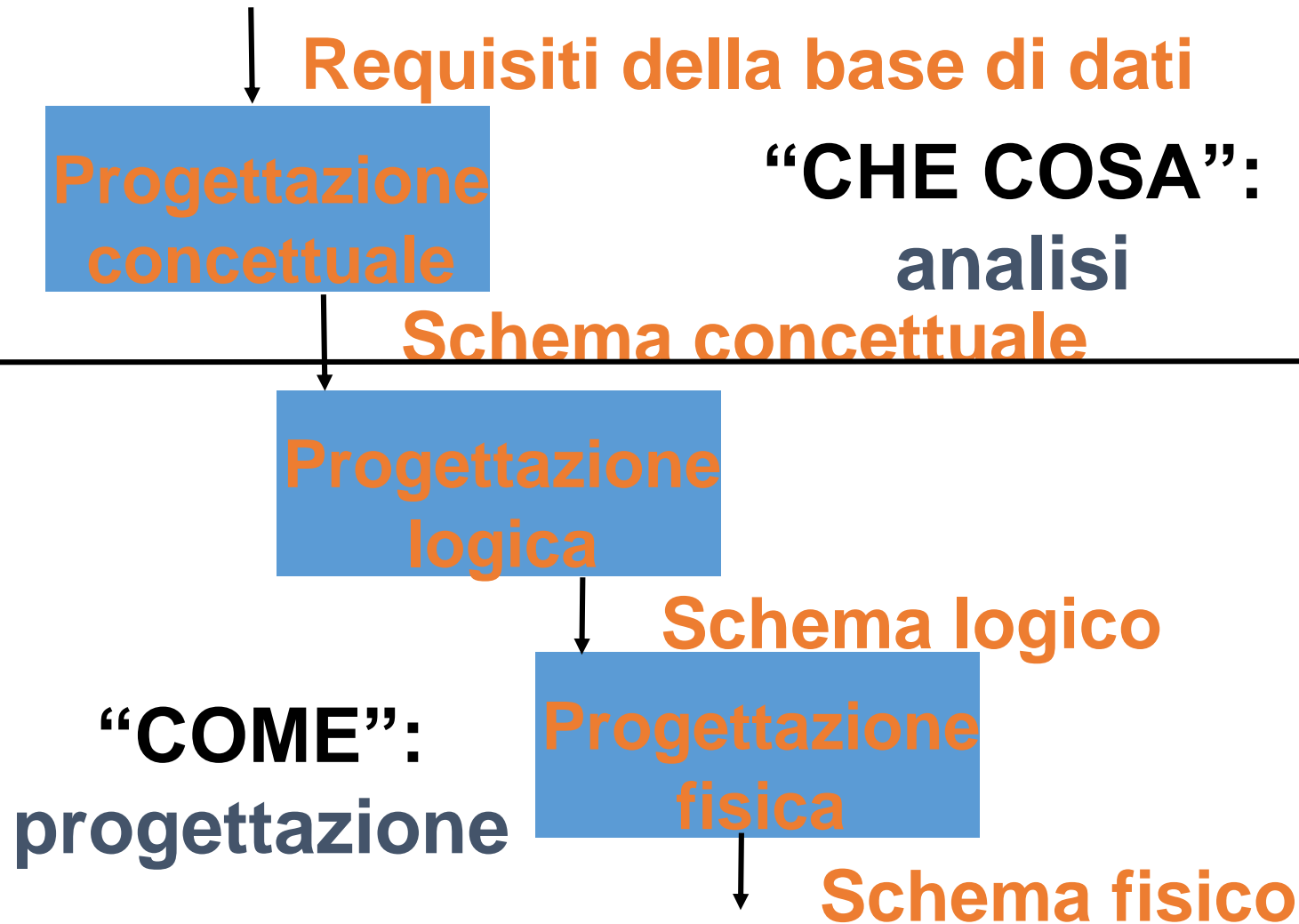
- ▶ **progettazione dei dati**
- progettazione delle applicazioni**

Ma:

- ▶ i dati hanno un ruolo centrale
 - i dati sono più stabili



Analisi e Progettazione



progettazione

I prodotti della varie fasi sono
schemi di alcuni modelli di dati:

- Schema concettuale
- Schema logico
- Schema fisico

Due tipi (principali) di modelli

- **modelli logici**: utilizzati nei DBMS esistenti per l'organizzazione dei dati
 - utilizzati dai programmi
 - indipendenti dalle strutture fisiche

esempi: **relazionale**, reticolare, gerarchico, a oggetti

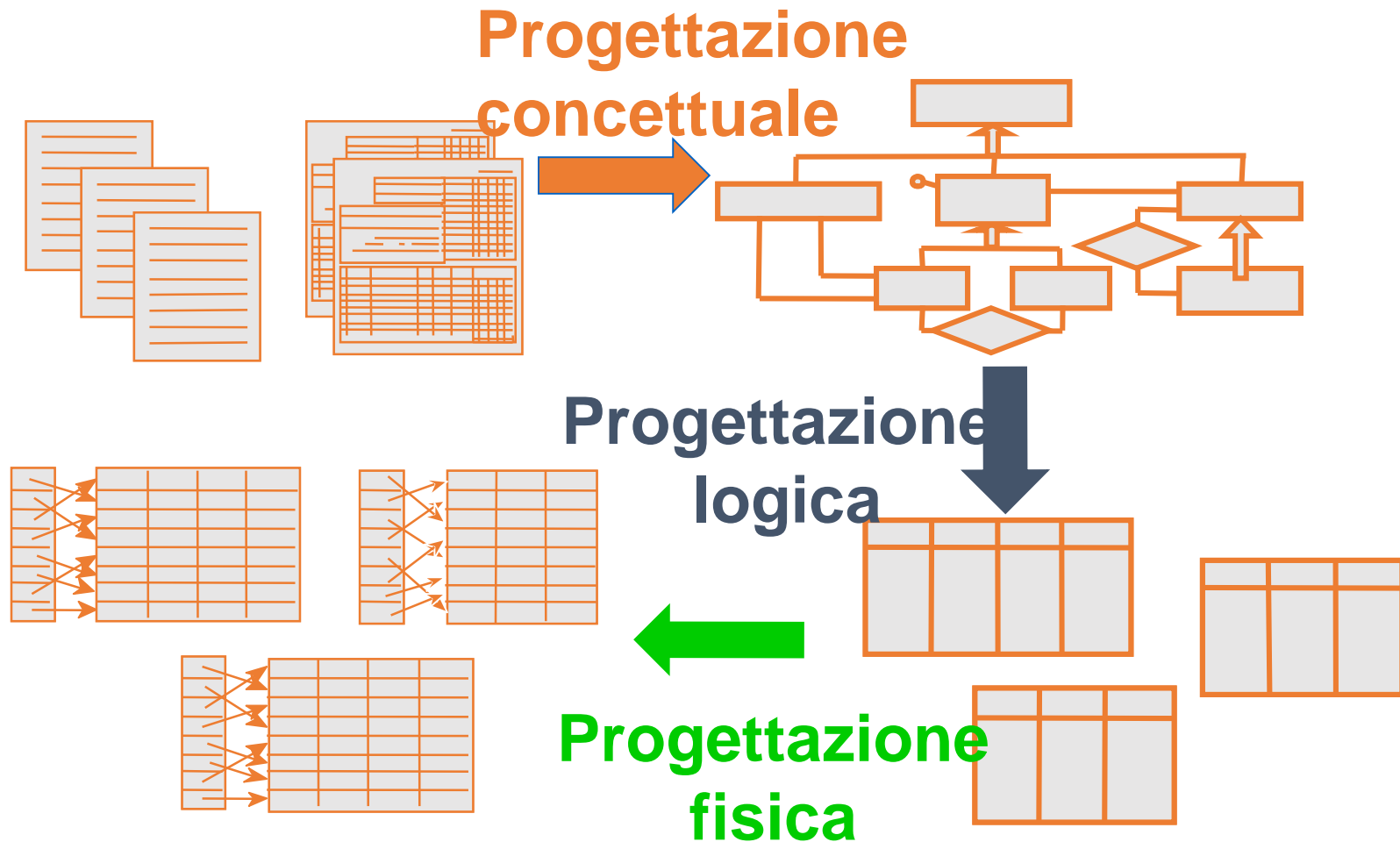
- **modelli concettuali**: permettono di rappresentare i dati in modo indipendente da ogni sistema
 - cercano di descrivere i concetti del mondo reale
 - sono utilizzati nelle fasi preliminari di progettazione

il più noto è il modello **Entità-Relazione** (nel seguito verrà chiamato modello **Entity-Relationship** per non confondersi con la relazione del modello relazionale)

Modelli concettuali - Motivazione

- Nella progettazione di una base di dati, passare direttamente dall'analisi dei requisiti allo schema logico presenta delle difficoltà, in particolare si rischia di perdersi direttamente nei dettagli implementativi senza partire da un modello d'insieme sui dati da memorizzare
- La definizione di un modello concettuale come fase iniziale permette di concentrarsi inizialmente sugli aspetti più importanti dei dati e della loro rappresentazione senza preoccuparsi inizialmente della struttura del DB

Workflow nella progettazione di una Base di Dati



Il Modello Entità – Relazione (Entity-Relationship)

- Uno “standard de facto” per la **progettazione concettuale**
- Ci permette di descrivere i dati coinvolti in una organizzazione del mondo reale in termini di oggetti e delle loro relazioni
- Esso fornisce concetti che ci permettono di passare da una descrizione informale di ciò che gli utenti chiedono alla loro BD ad una descrizione precisa e più dettagliata che può essere implementata in un DBMS
- **Ha una rappresentazione grafica (Diagrammi E/R) utile anche come documentazione di progetto**
- Esistono molte versioni E/R, che spesso si differenziano solo per la notazione grafica adottata

Scopo del Modello E-R

- Permettere la descrizione dello schema concettuale di una situazione reale senza preoccuparsi del tipo di DBMS scelto, della progettazione del database fisico o dell'efficienza dell'implementazione
- Lo schema Entità-Relazione così costruito sarà poi tradotto in uno schema logico attraverso il modello logico dei dati adottato dal DBMS scelto (esempio quello relazionale, che al momento è il più diffuso)

Costrutti fondamentali del Modello

- Il modello definisce una serie di costrutti principali che possono essere usati per descrivere i dati:
 - Entità
 - Relazione
 - Attributi
 - Di Entità
 - Di Relazione
 - Ruoli
 - Generalizzazioni
 - Vincoli
- Il modello **Entità - Relazioni** schematizza la realtà in termini di **Entità** e di **Relazioni** fra di esse

Entità

- Rappresentano classi di oggetti (fatti, cose, persone, ad esempio) che hanno proprietà comuni e esistenza autonoma
- Città, Dipartimento, Impiegato, Acquisto e Vendita sono esempi di entità all'interno di un contesto aziendale
- Un'occorrenza (o istanza) di un'entità (e.g. Roma, Torino, Parigi nel caso di Città) è un oggetto della classe che l'entità rappresenta
- Le entità possono essere concrete (e.g. libro) o astratte (e.g. vacanza)

Nomi delle entità

- Ogni entità ha un nome che la identifica univocamente nello schema:
 - nomi espressivi
 - opportune convenzioni
 - singolare

Relazione

- Una relazione è una associazione fra 2 o più entità
- Rappresentano legami logici significativi per la realtà considerata tra due o più entità
- Una data relazione viene identificata con un nome
- Residenza è un esempio di relazione che lega Città e Impiegato, Esame può essere un esempio di relazione che lega Studente e Corso
- Occorrenze (o istanze) di relazioni sono univocamente individuate dalle istanze delle entità partecipanti

Nomi delle relazioni

- Ogni relazione (relationship) ha un nome che la identifica univocamente nello schema:
 - nomi espressivi
 - opportune convenzioni
 - singolare
 - sostantivi invece che verbi (se possibile) per evitare da assegnare un verso alla relazione

Attributo

- Descrivono le proprietà elementari di relazioni e entità che sono di interesse
- Esempi:
 - Per l'entità cliente gli attributi possono essere il nome, il codice fiscale, l'indirizzo
 - Per l'entità conto corrente, possono essere il numero e il saldo
 - Per la relazione esame, possono essere la data dell'esame e il voto
- Tutte le occorrenze di una data entità o relazioni hanno gli stessi attributi
- Un'occorrenza di un'entità o di una relazione è completamente descritta da tutti i suoi attributi (o dall'unione degli attributi delle entità che compongono la relazione)

Dominio degli attributi

- Il **Dominio** di un attributo rappresenta l'insieme dei valori assunti dall'attributo
 - per l'attributo nome del cliente, il Dominio può essere l'insieme delle stringhe di lunghezza 20 caratteri
 - per il numero di conto, può essere l'insieme di tutti i numeri interi positivi
 - (tipicamente, interi, caratteri, stringhe, ecc.)

Classificazione degli attributi

- **Semplici:** se possono assumere un solo valore
 - es. il nome di un cliente
- **Multipli:** se prevedono la possibilità di più valori
 - es. l'attributo esami sostenuti per uno studente
 - L'uso degli attributi multipli è spesso deprecato in quanto non è ben rappresentabile in una base di dati che adotta il metodo relazionale. Al posto degli attributi multipli è incoraggiata la definizione di nuove entità e relazioni tra di esse
- **Composti:** quando è possibile scomporli in più elementi
 - es. l'indirizzo, che può essere scomposto in via, n. civico, CAP, città
- **Opzionali:** quando questi possono non avere un valore definito
 - es. n. patente associato ad una persona (che potrebbe non avere la patente)

Diagrammi E-R

- Lo schema concettuale realizzato tramite il modello E-R si rappresenta per mezzo dei **diagrammi Entità – Relazioni**
- Tali diagrammi sono utili come aiuto visuale per verificare la correttezza dell'analisi iniziale e come documento di progetto
- Non esistono notazioni standardizzate per la realizzazione di tali diagrammi, noi vedremo una particolare convenzione (le altre convenzioni differiscono comunque per alcuni dettagli)

Diagrammi E-R

Entità

- vengono rappresentate tramite rettangoli
 - Nota, il diagramma rappresenta la classe e non la singola istanza



Persona

Attributi

- vengono rappresentati tramite ovali



Indirizzo



Nome

Diagrammi E-R

Attributi composti

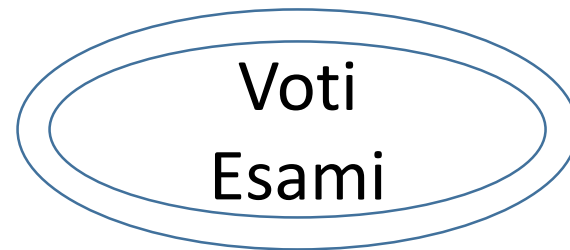
- Sono attributi che si ottengono aggregando altri (sotto) attributi, i quali presentano una forte affinità nel loro uso e significato
 - Es.: via, n. civico, città e CAP formano l'attributo composto indirizzo



Diagrammi E-R

Attributi Multipli

- Prevedono la possibilità di più valori
 - es. l'attributo VotiEsami sostenuti da uno studente
 - es. l'attributo TitoliDiStudio di un impiegato
- Vengono rappresentati tramite doppi ovali

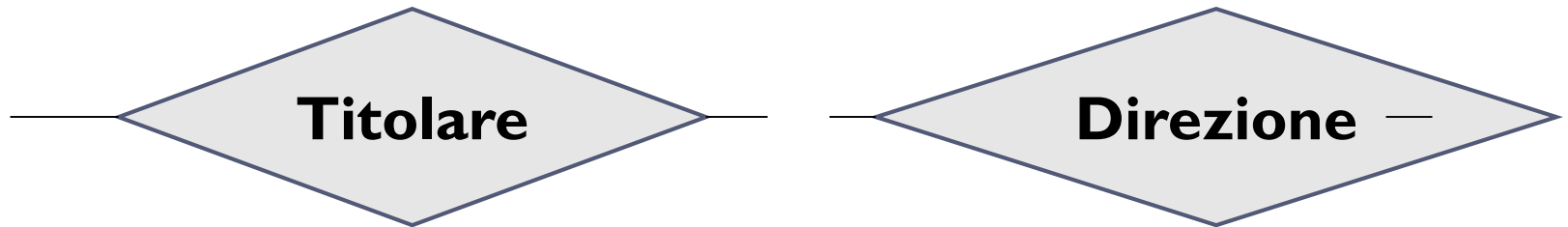


Diagrammi E-R

Relazioni

- Vengono rappresentate tramite rombi

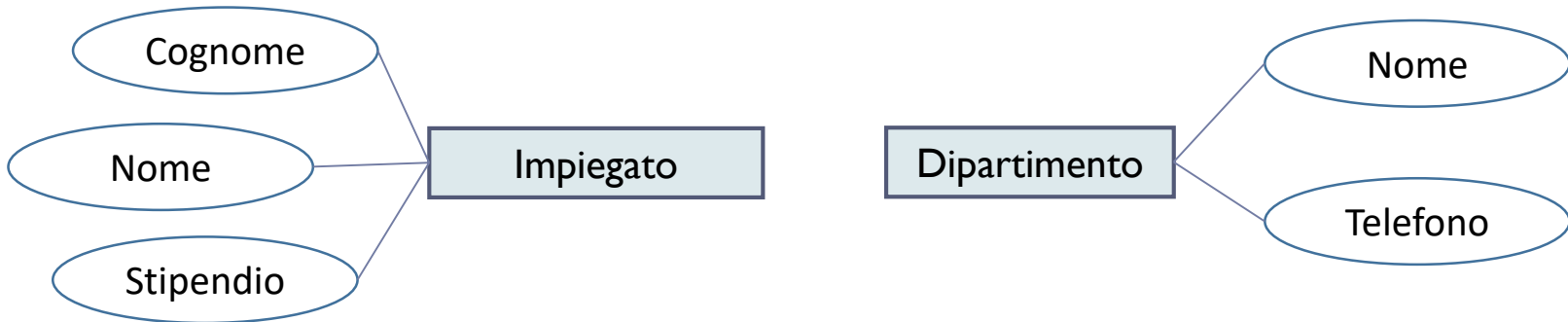
ES:



- Le **associazioni** fra attributi ed entità, attributi e relazioni vengono rappresentate tramite linee.
- Entità e corrispondenti relazioni sono collegate a loro volta tramite linee

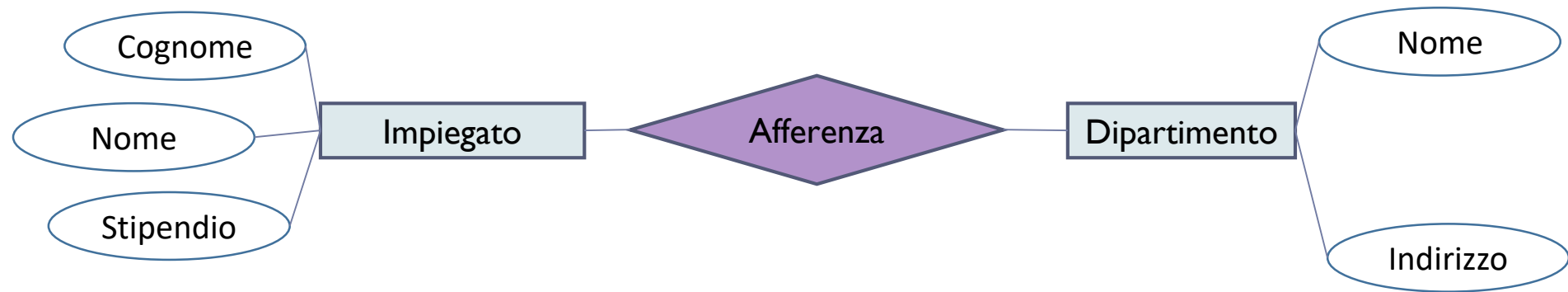
Esempi di diagramma E-R

- Rappresentazione di entità:
 - Impiegato e Dipartimento con i relativi attributi



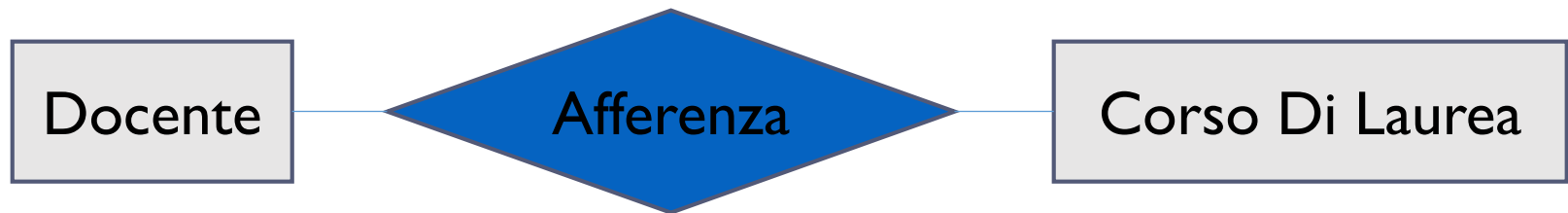
Esempi di diagramma E-R

- Rappresentazione di Relazioni
 - Un impiegato afferisce ad un Dipartimento. E' una relazione fra Impiegato e Dipartimento



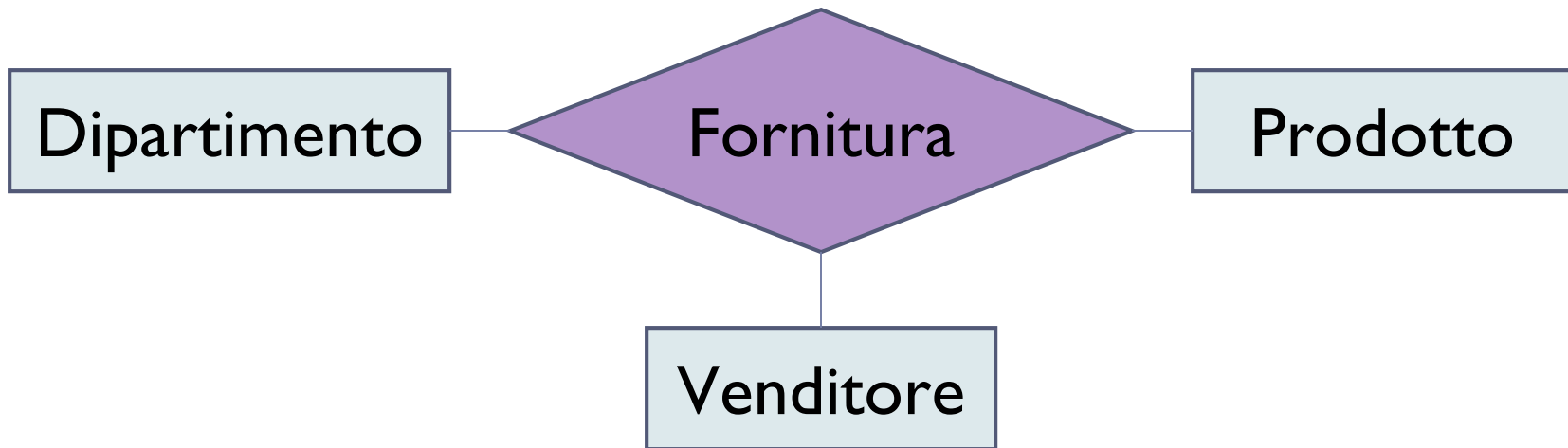
Grado di una relazione

- E' il numero di entità coinvolte in una relazione (il numero dei suoi rami):
 - Relazione binaria: **grado = 2**
 - Relazione ternaria: **grado = 3**
 - Relazione n-aria: **grado = n**



Grado di una relazione

Relazione ternaria: **grado = 3**

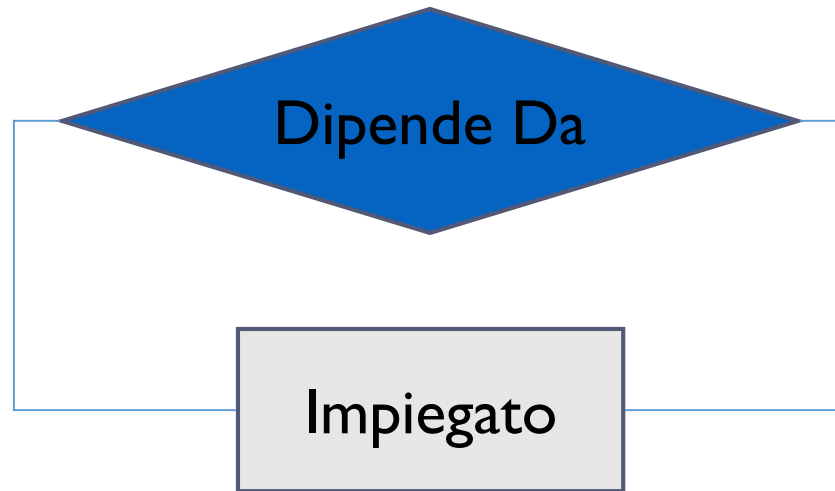


- Il venditore A fornisce stampanti al Dipartimento Personale
- Il venditore B fornisce fotocopiatrici al Dipartimento Ricerca

Relazioni ricorsive

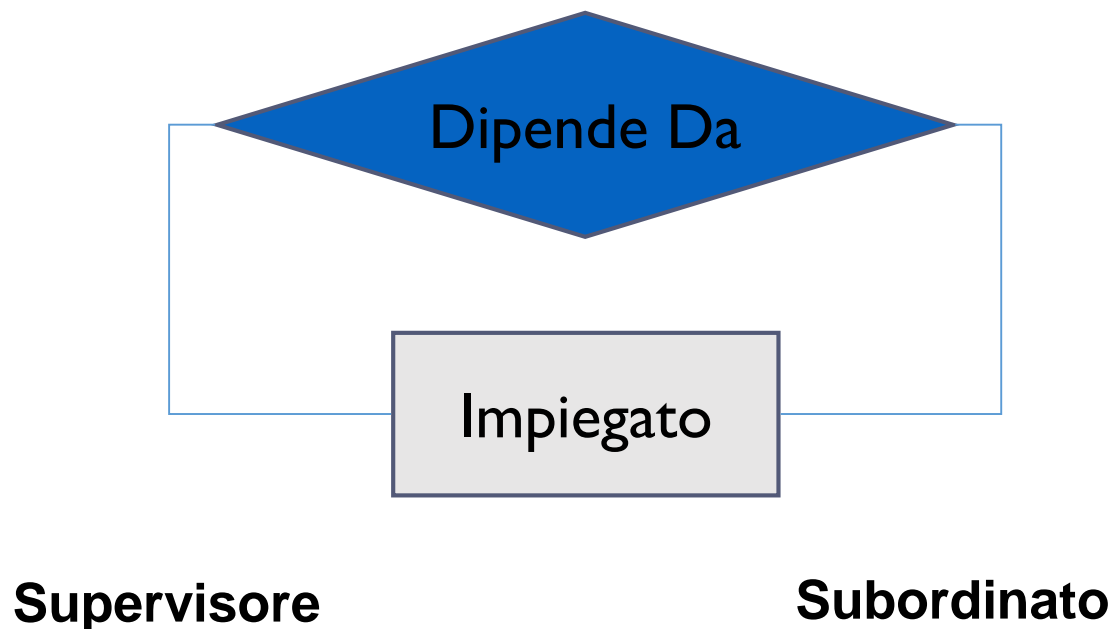
- Le relazioni possono coinvolgere anche entità appartenenti allo stesso Insieme di entità (**relazioni ricorsive**)

PROBLEMA: come individuo chi è il subordinato?



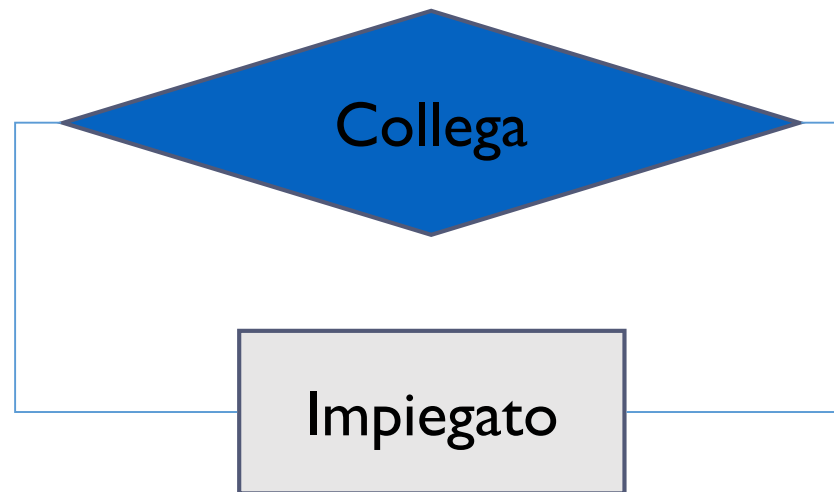
Relazioni ricorsive

- Nelle relazioni dove una stessa entità è coinvolta più volte spesso è necessario aggiungere la specifica del “**RUOLO**” che l’entità gioca nella relazione.



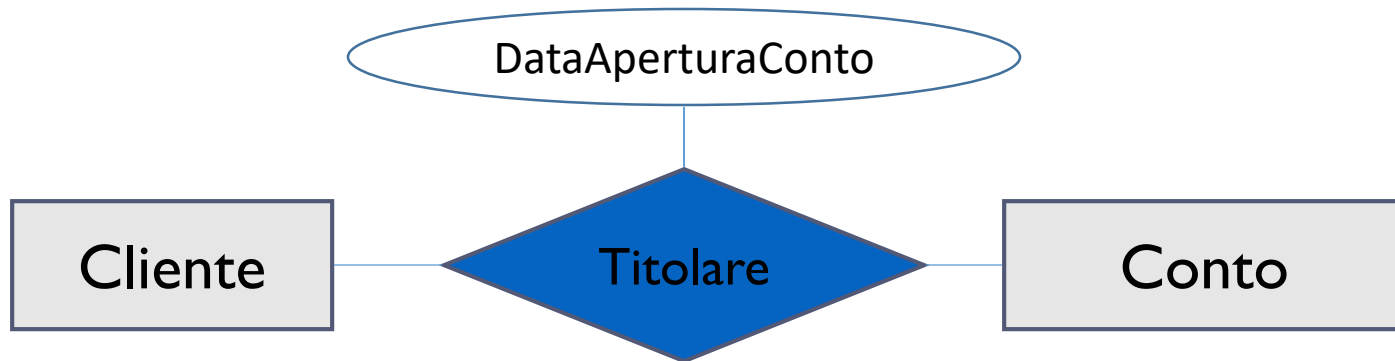
Relazioni ricorsive

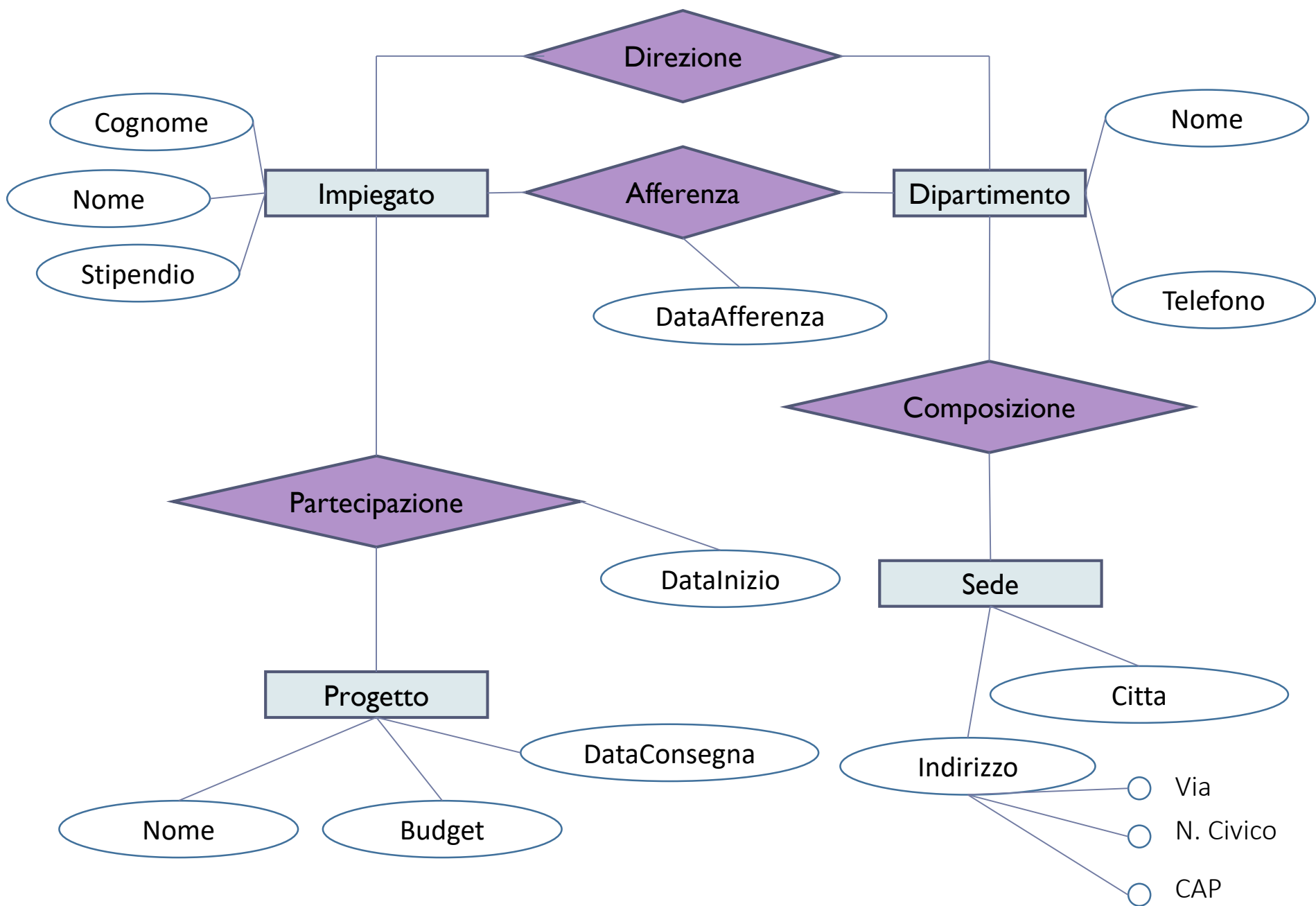
- Serve il “**RUOLO**”?



Attributi sulle relazioni

- Una relazione può avere degli attributi
- La rappresentazione grafica è la stessa delle entità





Vincoli di integrità

- Il modello E-R include una serie di costrutti che permettono di definire dei *vincoli di integrità* sui costrutti già visti
- Queste in altre parole sono delle **proprietà** che occorrenze di entità e relazioni devono soddisfare per essere considerate valide
 - Cardinalità delle relazioni
 - Cardinalità degli attributi
 - Identificatori delle entità
 - Generalizzazioni

Cardinalità delle relazioni

- I **VINCOLI DI CARDINALITÀ SULLE RELAZIONI** vengono rappresentati con una coppia di numeri (min,max). Impongono un limite minimo ed un limite massimo al numero di entità a cui l'entità può essere associata
- Esempio: se in una relazione Assegnamento tra Impiegato e Incarico viene specificata una cardinalità (1,5) per impiegato si vuole imporre che un impiegato abbia almeno un incarico fino ad un massimo di 5
- In assenza di vincoli la cardinalità di default è $\min = 0$; $\max = N$ (dove N sta a indicare un tetto massimo non definito)
- Nella cardinalità deve valere $0 \leq \min \leq \max$ e $\max \geq 1$

Conviene lavorare con le “istanze” per capire

Cardinalità delle relazioni

- In generale:
- **0** e **1** per la **cardinalità minima**:
 - **0** = "è opzionale"
 - **1** = "è obbligatoria"
- **1** e **N** per la **cardinalità massima**:
 - **N** = "non pone alcun limite"

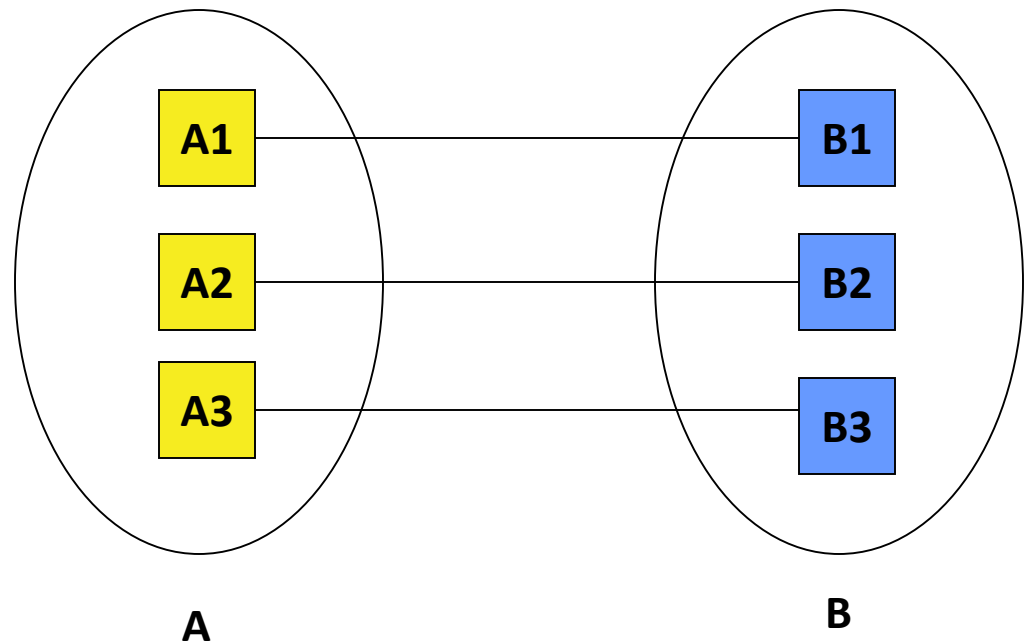
Cardinalità delle relazioni

- Per ottenere un modello adeguato del mondo reale, spesso è necessario classificare le relazioni a seconda del numero di entità associabili tra un set di entità e l'altro
- In base ai **vincoli di cardinalità** si possono definire le seguenti classificazioni con riferimento alle **cardinalità massime**:
 - **UNO-A-UNO** (1:1)
 - **UNO-A-MOLTI** (1:N)
 - **MOLTI-A-MOLTI** (M:N)

Relazioni UNO-A-UNO

- Una entità in A può essere associata al più ad una entità in B e viceversa.
- La cardinalità max è pari a uno per entrambe le entità coinvolte

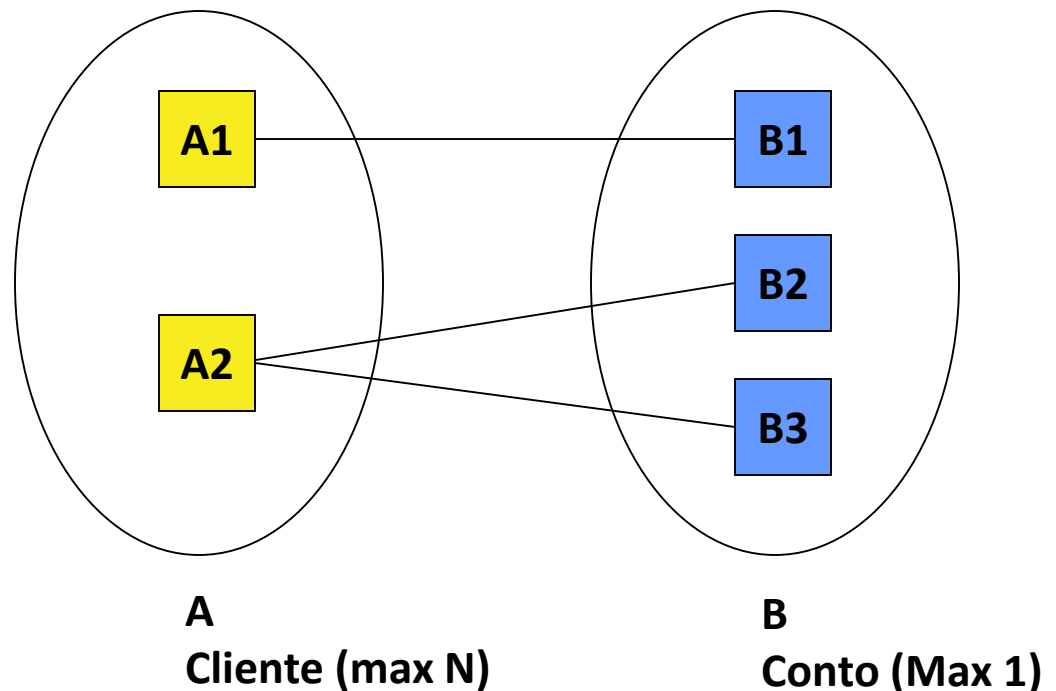
Ad esempio la
relazione
attualmente sposati:
entità *uomo* e *donna*



Relazioni UNO a MOLTI (MOLTI a UNO)

- Una entità in A è associata con un numero qualsiasi di entità in B ma una entità in B può essere associata al più ad una entità in A.
- La cardinalità max è pari a uno per una entità, N per l'altra

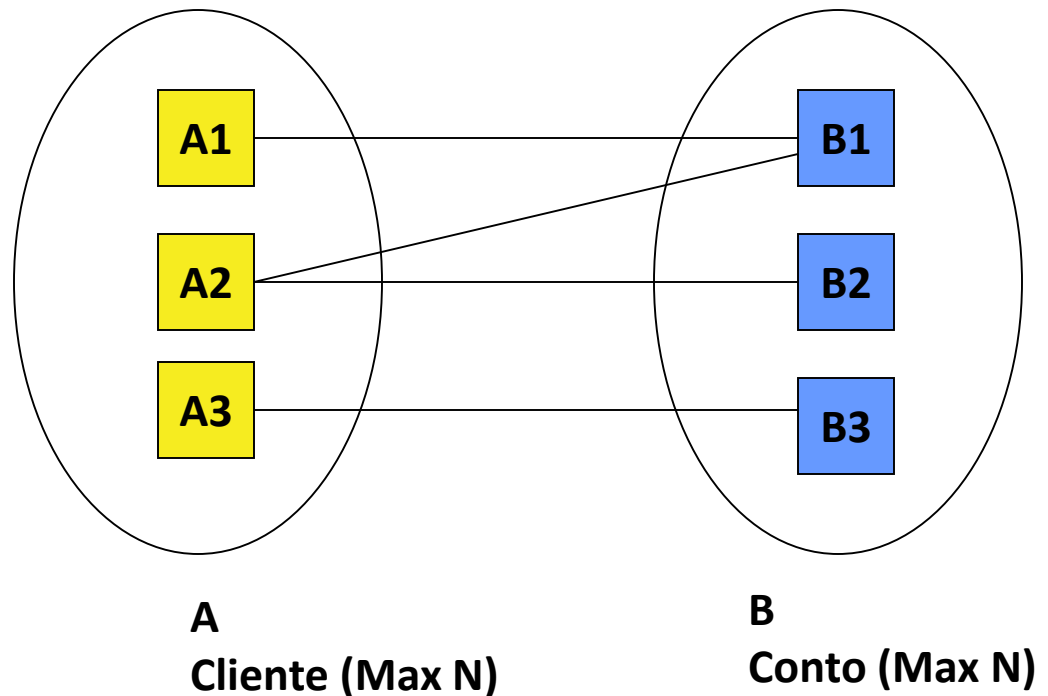
Nel caso in cui il titolare di conto è unico, la relazione che lega il cliente al conto è una a molti, poiché un cliente può avere più conti ma un conto ha come titolare un solo cliente



Relazioni MOLTI-A-MOLTI

- Una entità in A può essere associata con un numero qualsiasi di entità in B e viceversa
- La cardinalità max è pari a uno per una entità, N per l'altra

Nel caso in cui un conto corrente può avere più intestatari, la relazione precedente diventa molti a molti



Classificazioni

Relazioni **UNO-A-UNO**

Una relazione è **uno-a-uno** se ad ogni istanza della prima entità corrisponde al più un' istanza della seconda entità e viceversa. Anche indicata con **(1:1)**

Relazioni **UNO-A-MOLTI**

Una relazione si dice **uno-a-molti** se ad ogni istanza della prima entità corrisponde al più una della seconda, ma esiste un'istanza della seconda cui corrisponde più di un'istanza della prima. Anche indicata con **(1:N)**

Relazioni **MOLTI-A-MOLTI**

Una relazione si dice **molti-a-molti** se esiste un'istanza della prima entità in relazione con più di un'istanza della seconda, e viceversa. Indicata con **(M:N)**

Esempio di relazione 1:1

- Un impiegato puo' dirigere al più un progetto mentre un progetto deve essere diretto da un impiegato.



Esempio di relazione 1:N

- Ogni persona può essere proprietaria di un numero arbitrario di automobili (esistono persone che non posseggono alcuna automobile), ogni automobile può avere al più un proprietario (esistono automobili non possedute da alcuna persona)



Esempio di relazione M:N

- Un libro può essere scritto da più autori, un autore può aver scritto più libri
- Un libro ha almeno un autore
- Un autore scrive almeno un libro



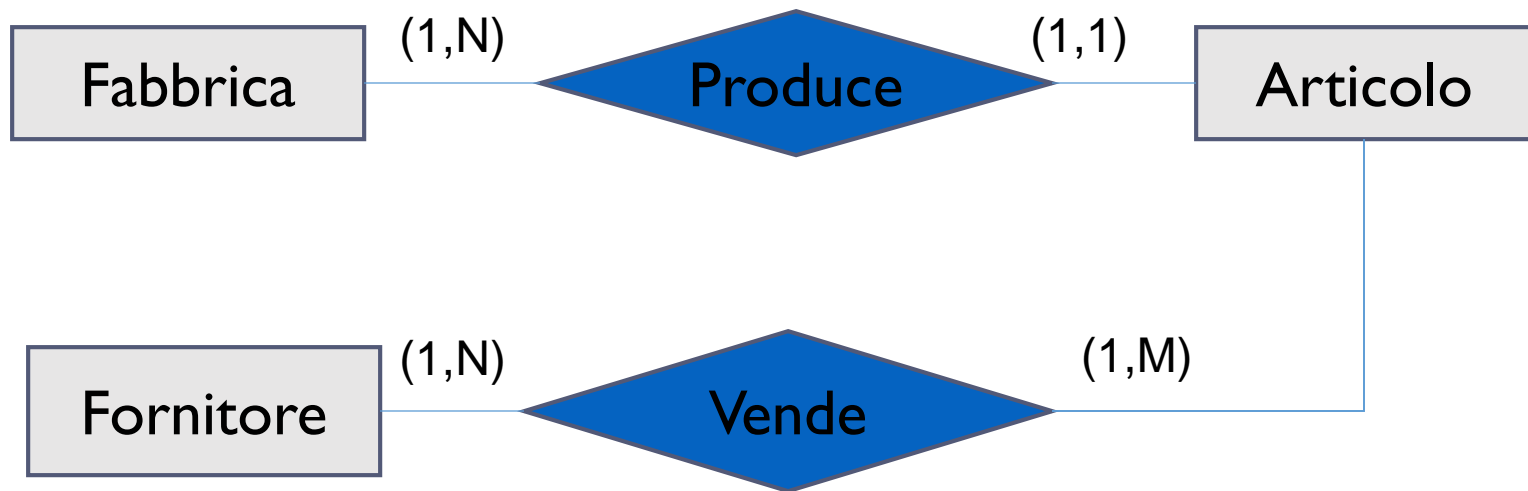
esempio

Si hanno un insieme di fabbriche che producono degli articoli e dei fornitori che li vendono. Ogni articolo è prodotto in una sola fabbrica. Un articolo è venduto da più fornitori, ed un fornitore può vendere più articoli

Individuare il diagramma E-R e la cardinalità delle relazioni coinvolte.

Vincoli di cardinalità - Esempio

- Esempio: un insieme di fabbriche che producono degli articoli e dei fornitori che li vendono.



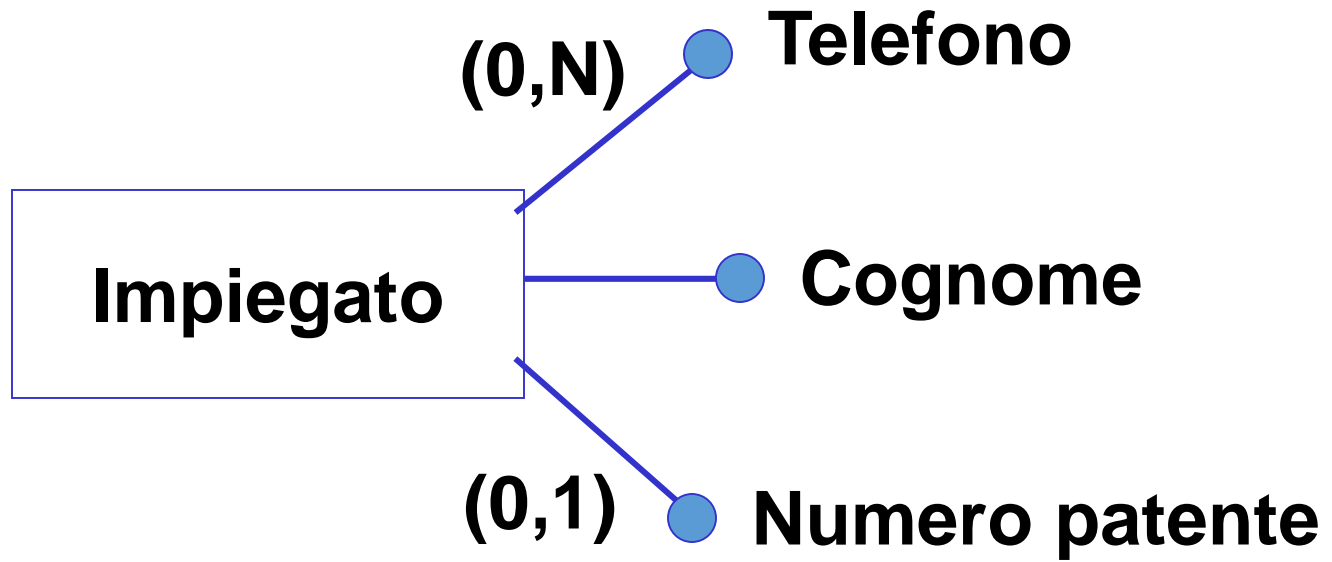
Cardinalità sugli attributi

- Nel definire il modello concettuale dei dati, può essere utile, sul piano pratico, fornire ulteriori classificazioni per gli attributi, ad esempio, è importante sapere se un attributo può assumere o meno valori nulli (ossia non avere valori)
- Cardinalità degli attributi: il numero minimo e massimo di valori dell'attributo associati a ogni occorrenza di una entità o relazione.

Classificazione Attributi:

- **Opzionali:** se la cardinalità minima è 0 (es. n. patente)
 - **Obbligatorio:** se la cardinalità minima è 1 (es. cognome)
 - **Monovalore:** se la cardinalità massima è 1 (es. cod_fiscale)
 - **Multivalore:** se la cardinalità massima è n (es. telefono)
-
- Per gli attributi con cardinalità (1,1) la cardinalità si omette
 - Caso più comune

esempio

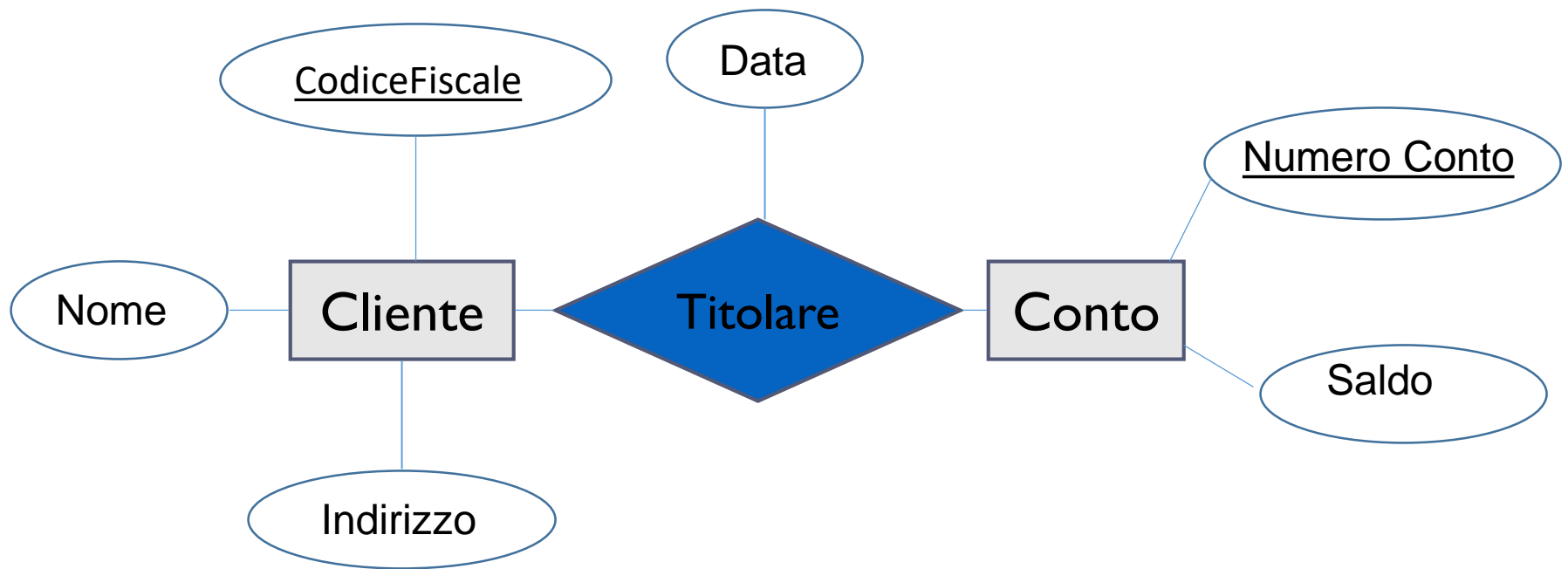


Identificatori delle entità

- **Vengono specificati per ciascuna entità per permettere l'identificazione univoca delle occorrenze della stessa**
- Per la maggioranza dei casi, possono essere selezionati come identificatori uno o più attributi dell'entità stessa
- Per esempio per l'entità *Automobile* con attributi *Modello*, *Targa* e *Colore*, l'attributo Targa può essere selezionato come **identificatore**
- La selezione di uno o più attributi come identificatori vietano a due occorrenze di avere gli stessi valori per essi imponendo un **vincolo**, e.g. nel caso dell'Automobile con identificatore Targa si vietano due occorrenze con lo stesso valore dell'attributo targa
- L'insieme degli attributi selezionati come identificatori sono chiamati anche identificatori **interni** o **chiave**

Chiave – Rappresentazione grafica

- Gli attributi che costituiscono una chiave sono rappresentati nel seguente modo



Entità deboli

- Esistono delle entità i cui attributi non sono sufficienti ad identificarne univocamente le varie occorrenze
- Tali entità sono dette entità deboli in quanto possono essere identificate solamente considerando la chiave di un'altra entità (proprietario)
- Le entità deboli devono partecipare ad una relazione con l'entità proprietario e non hanno ragione di esistere senza il proprietario

Entità deboli e chiavi – identificazione esterna

- Non avendo un identificatore interno, le entità deboli devono usare attributi di altre entità per formare un *identificatore esterno*
- In particolare *l'identificatore esterno è formato dalla chiave* del proprietario (detto anche **entità forte**) e da un *discriminatore*, un insieme di attributi dell'entità debole che permette di distinguere le entità deboli tra di loro (anche se non in maniera univoca)

Entità forti e deboli: esempio

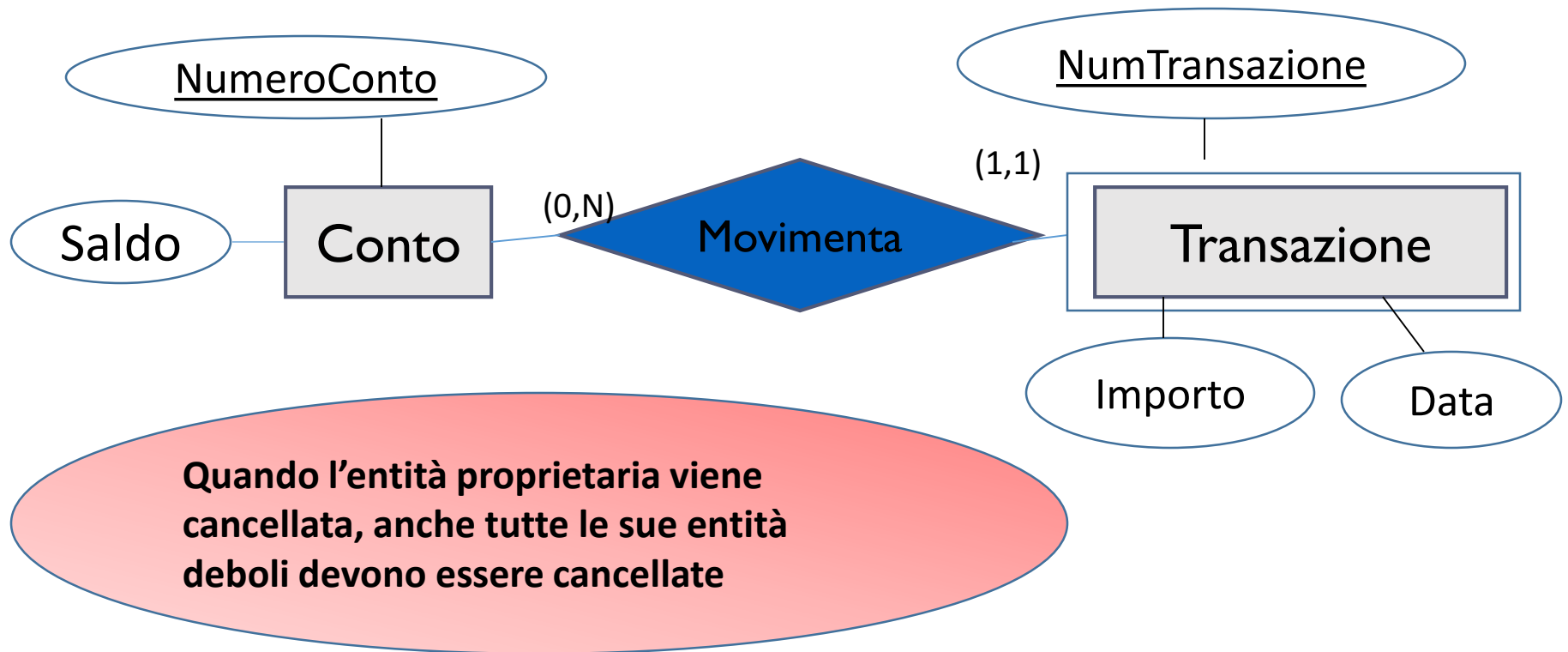
- Supponiamo di avere un'entità Transazione e un'entità Conto:
 - Una transazione è associata ad un conto e non ha ragione di esistere senza di esso
 - Ma nessuno dei suoi attributi (numero di transazione, data ed importo) è una chiave primaria
- Posso avere due transazioni con lo stesso numero di transazione, data ed importo associate però a due conti diversi
- ***Implicitamente la transazione è legata da un vincolo di esistenza ai conti***

Osservazioni sulla cardinalità

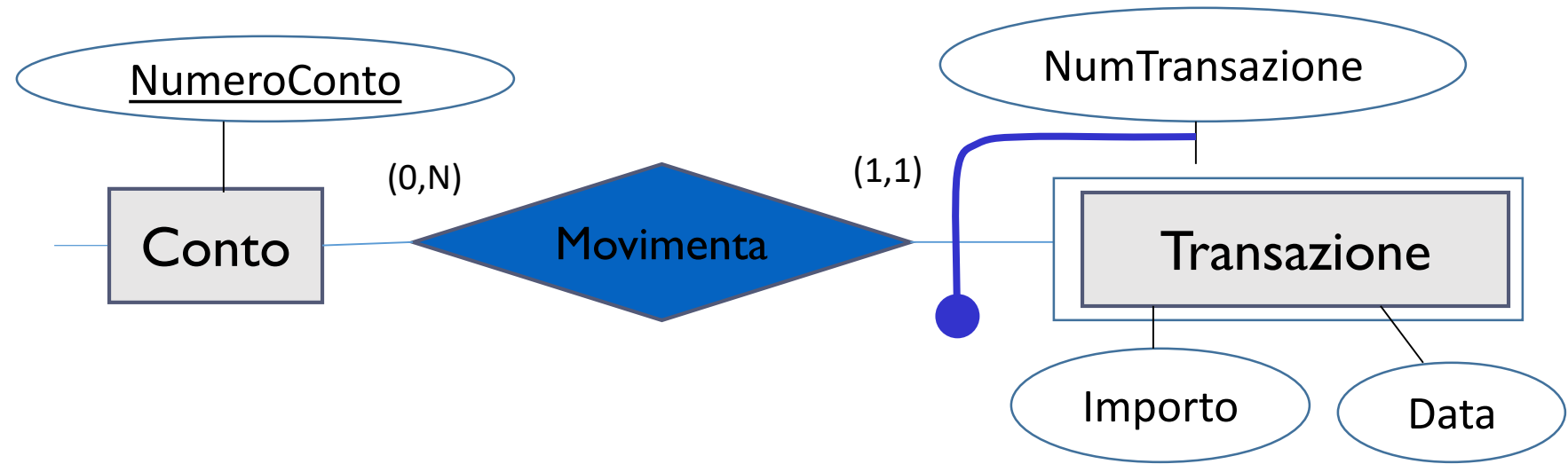
- L'entità debole deve partecipare nella relazione con l'entità forte con cardinalità (1,1)

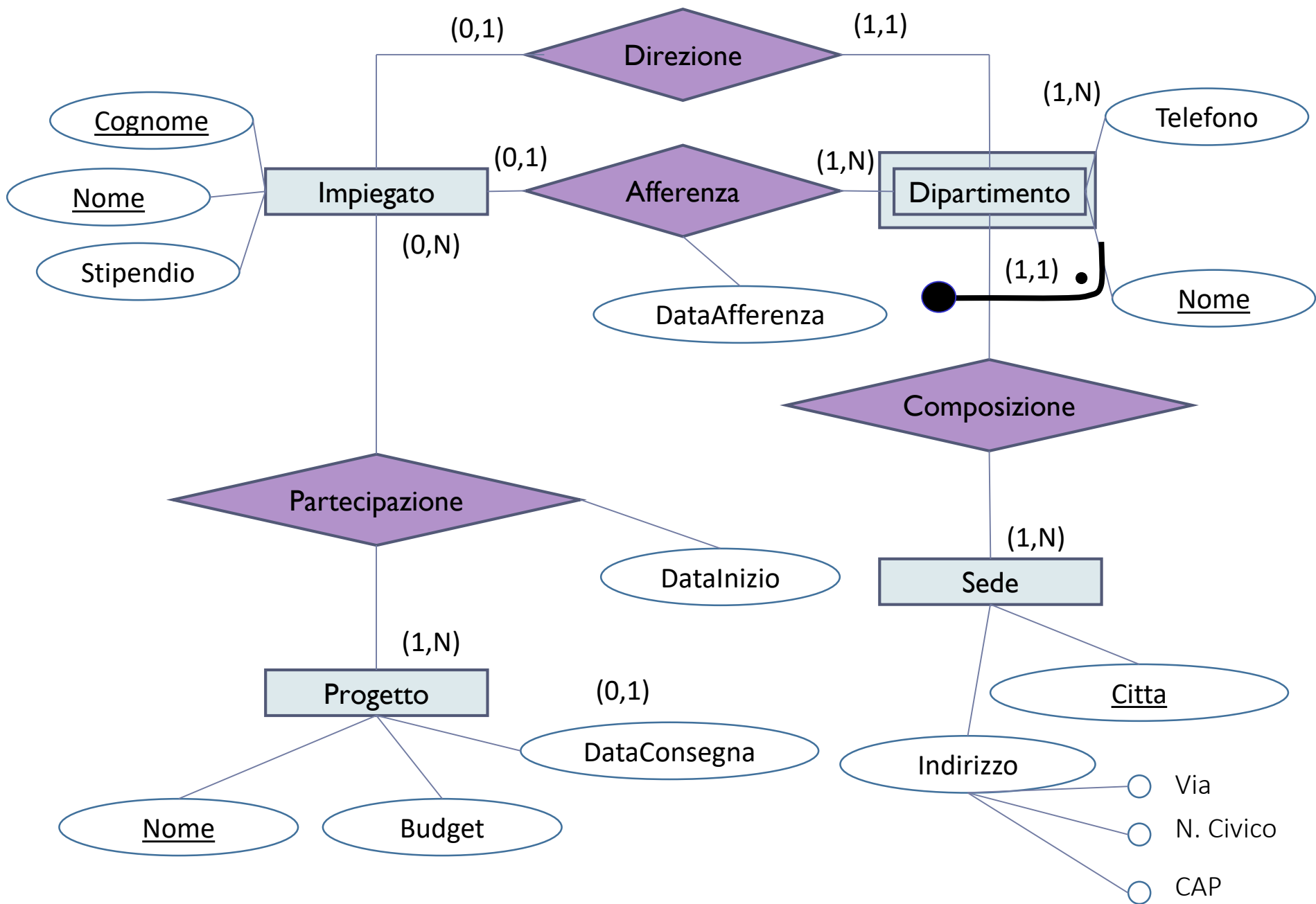
Entità deboli

- Sono rappresentate da un doppio rettangolo



Notazione alternativa (Da Ceri)





Generalizzazioni o gerarchie

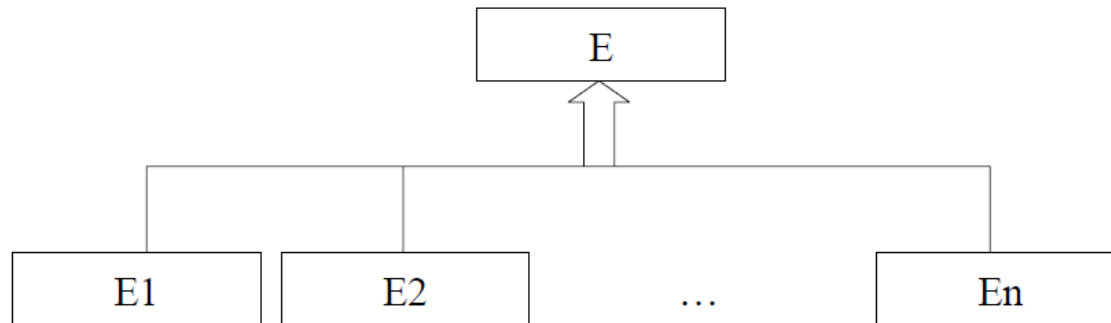
- Rappresentano legami logici tra un'entità, entità Padre, e una o più entità, entità Figlie
- Il padre è più generale delle entità figlie che sono considerate *specializzazioni*
- *Esempio:*
 - *Liceale e Universitario sono entrambi specializzazioni dell'entità Studente*
- Il legame logico che unisce la classe degli attributi comuni (padre) con le sottoclassi specializzate (figli) è la **gerarchia di specializzazione**

Generalizzazione

- mette in relazione una o più entità E_1, E_2, \dots, E_n con una entità E , che le comprende come casi particolari
 - E è **generalizzazione** di E_1, E_2, \dots, E_n
 - E_1, E_2, \dots, E_n sono **specializzazioni** (o sottotipi) di E

Generalizzazioni o gerarchie

- Gli attributi (proprietà) del Padre sono ereditati dai Figli
- Non vanno quindi replicati nello schema, sarebbe un errore! **NOTA: Non è vero il viceversa!**
- Le gerarchie sono rappresentate nel seguente modo:

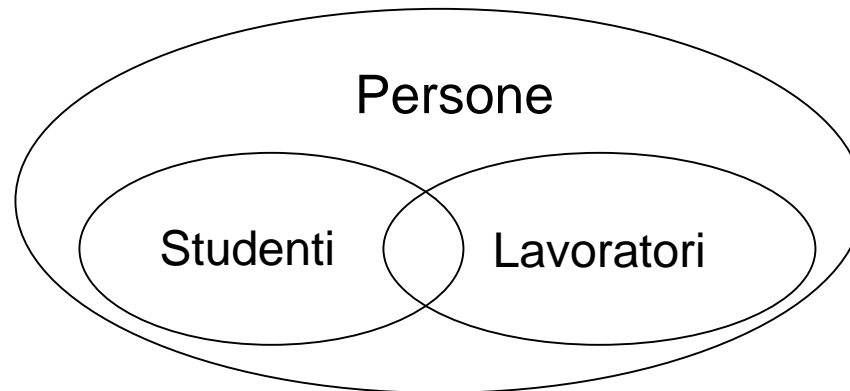


Ereditarietà

- tutte le proprietà (attributi, relationship, altre generalizzazioni) dell'entità genitore vengono **ereditate** dalle entità figlie e non rappresentate esplicitamente

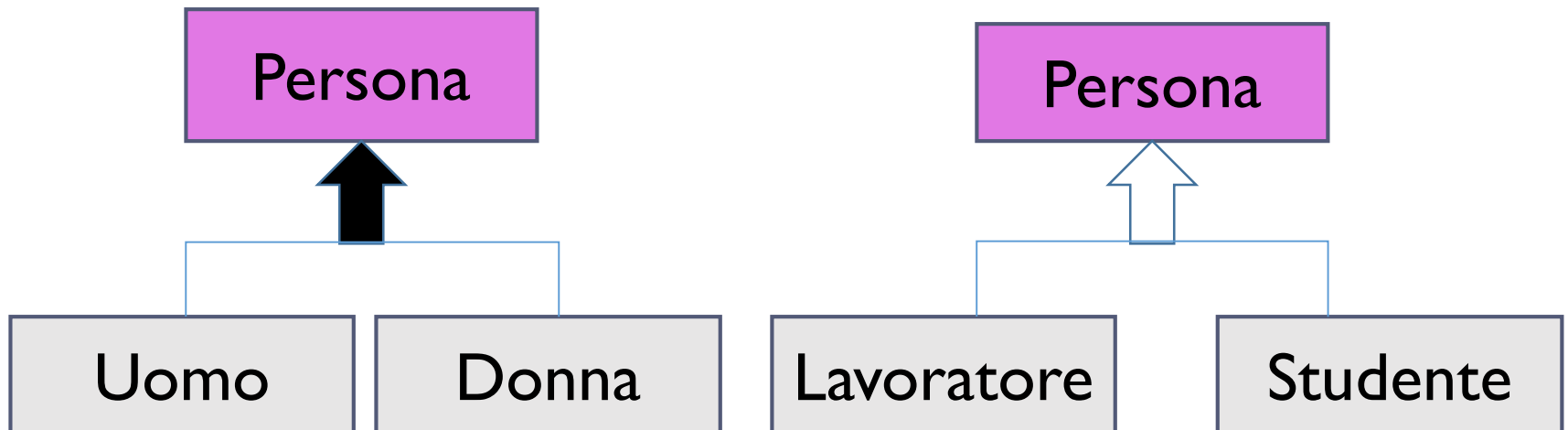
Gerarchie totali - parziali

- In una gerarchia in cui un'entità ha più specializzazioni (esempio persone come generalizzazione di studenti e lavoratori), alcune istanze possono appartenere a più entità specializzate contemporaneamente, esempio alcune istanze di persone possono essere sia istanze di studenti che lavoratori contemporaneamente (nel caso degli studenti lavoratori)
- Una generalizzazione può essere di due tipi:
 - **Completa o totale** l'unione delle istanze delle sottoentità è uguale all'insieme di tutte le istanze dell'entità padre
 - **Non complete o parziale**, altrimenti



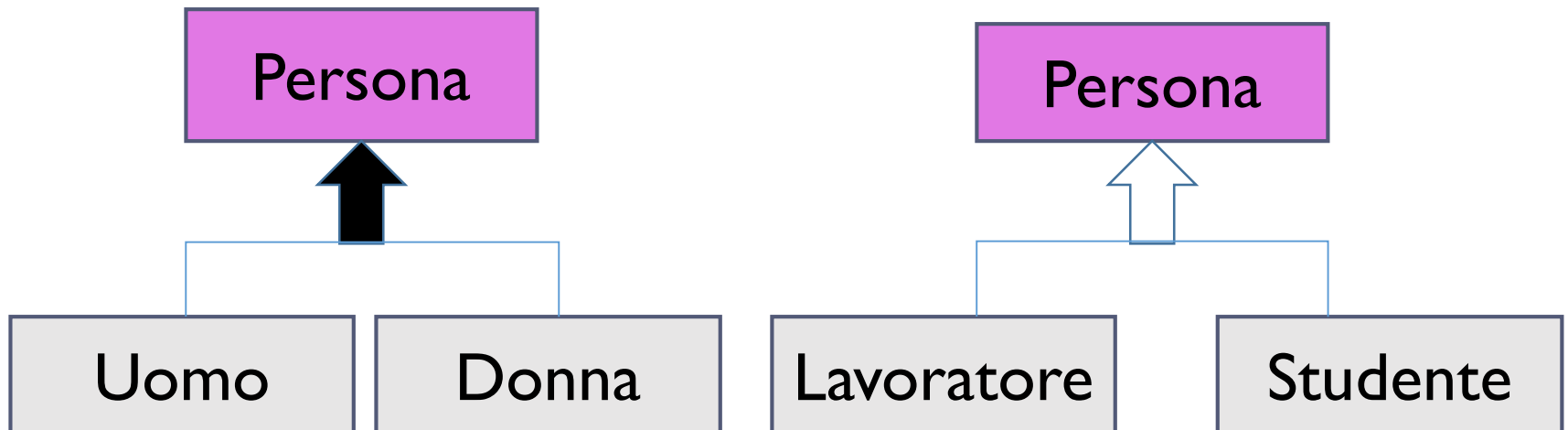
Gerarchie totali o Parziali

- **Gerarchia totale** se ogni occorrenza dell'entità genitore è occorrenza di almeno una delle entità figlie, altrimenti è **parziale**
- La generalizzazione si indica collegando mediante un arco le sottoentità, e collegando con una freccia tale arco alla entità padre.
- La freccia è **nera** se la generalizzazione è **COMPLETA o totale** altrimenti si usa una freccia bianca

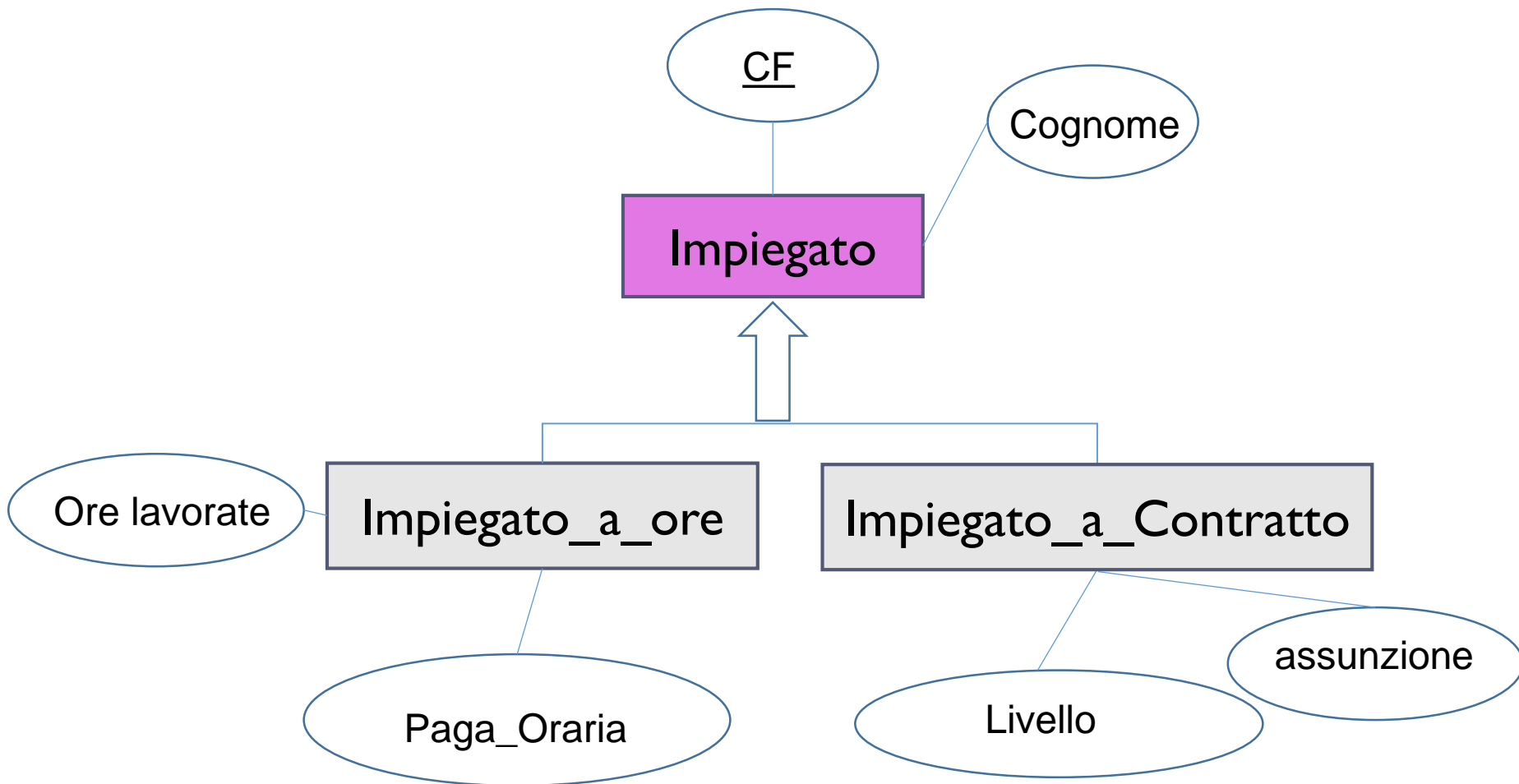


Gerarchie esclusive o sovrapposte

- **Gerarchia esclusiva** se ogni occorrenza dell'entità genitore è occorrenza di al più una delle entità figlie, altrimenti è **sovrapposta**
 - **Esclusiva**: Non ci sono intersezioni

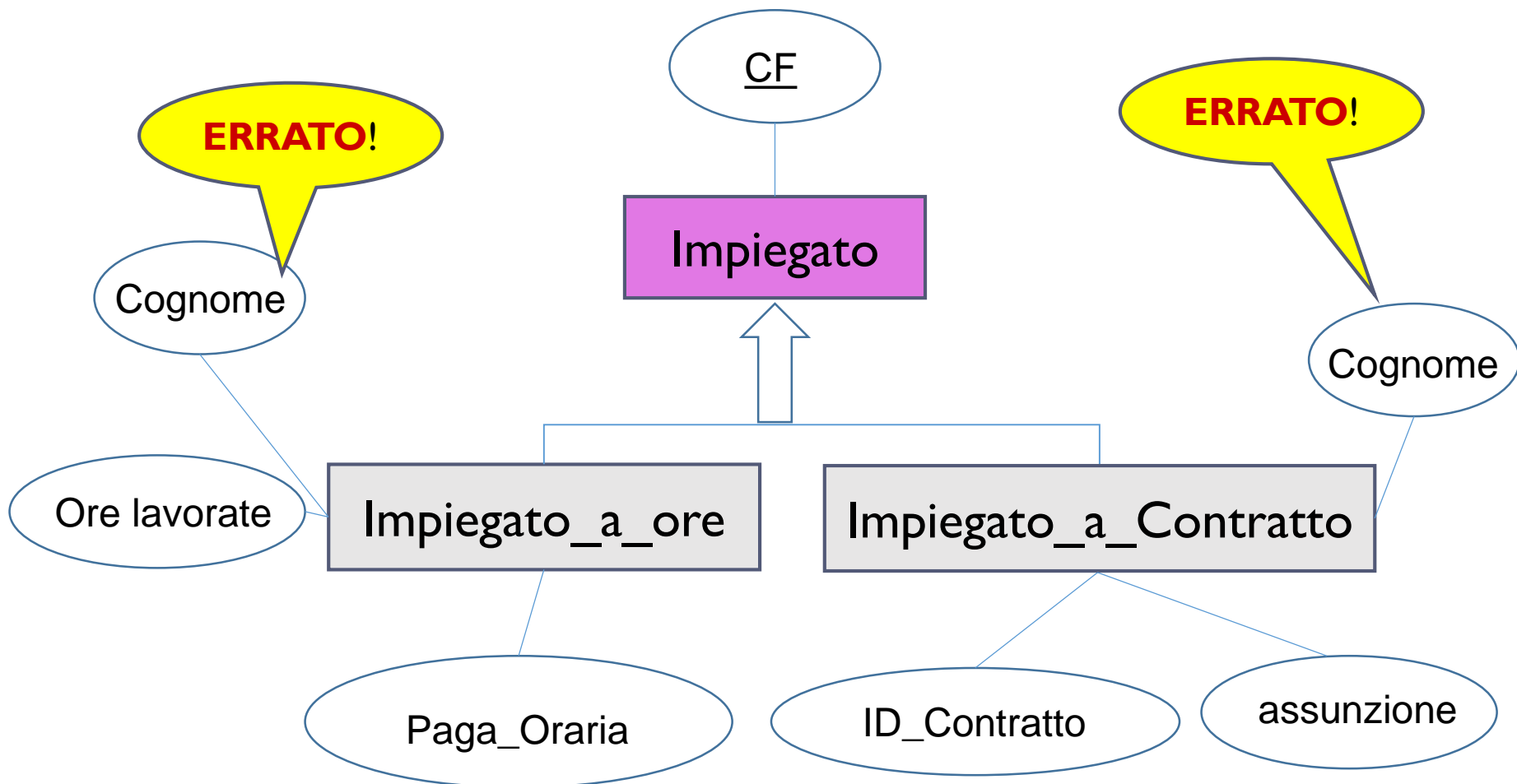


esempio



Gerarchie e attributi

- Gli attributi vanno riferiti all'entità più generica **in cui sono presenti obbligatoriamente**



Considerazioni sull'utilizzo degli schemi ER

- Vengono utilizzati nella progettazione concettuale di una base di dati
- Poiché forniscono rappresentazioni dei dati, possono essere usate in altri ambiti:
 - A scopo documentativo, perché sono facilmente comprensibili anche ai non specialisti
 - Per descrivere Sistemi informativi già esistenti, a prescindere da come sono realizzati
 - Ad esempio per effettuare una integrazione di sistemi
 - Per comprendere, in caso di modifica dei requisiti di una applicazione, su quali parti del sistema si deve operare ed in cosa consistono le modifiche da effettuare

Alcuni aspetti nella progettazione dello schema ER

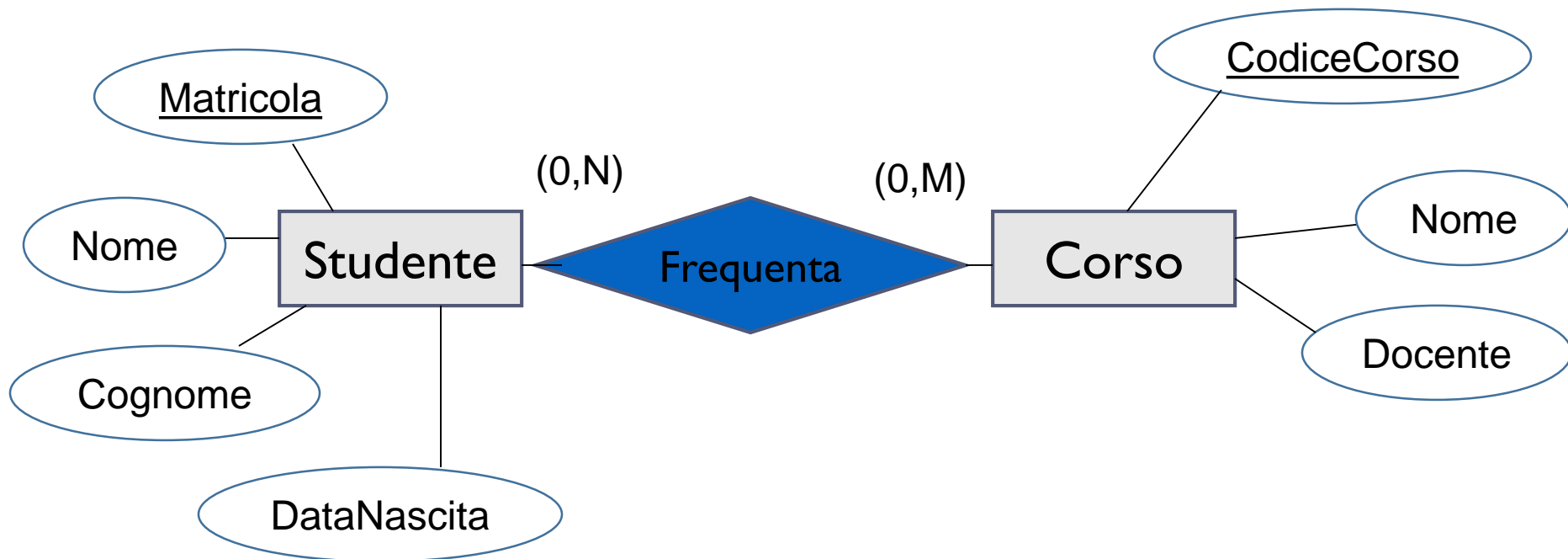
foglia@iet.unipi.it

Progettazione schema E-R

- Lo schema E-R è costruito a partire dai requisiti
- Diversi schemi E-R possono essere realizzati a partire dagli stessi requisiti
- A volte il progettista si trova a dover fare delle scelte nel modo in cui viene rappresentato un oggetto dal mondo reale:
 - Entità o Attributo
 - Entità o Relazione

Scelta di Entità o Attributi

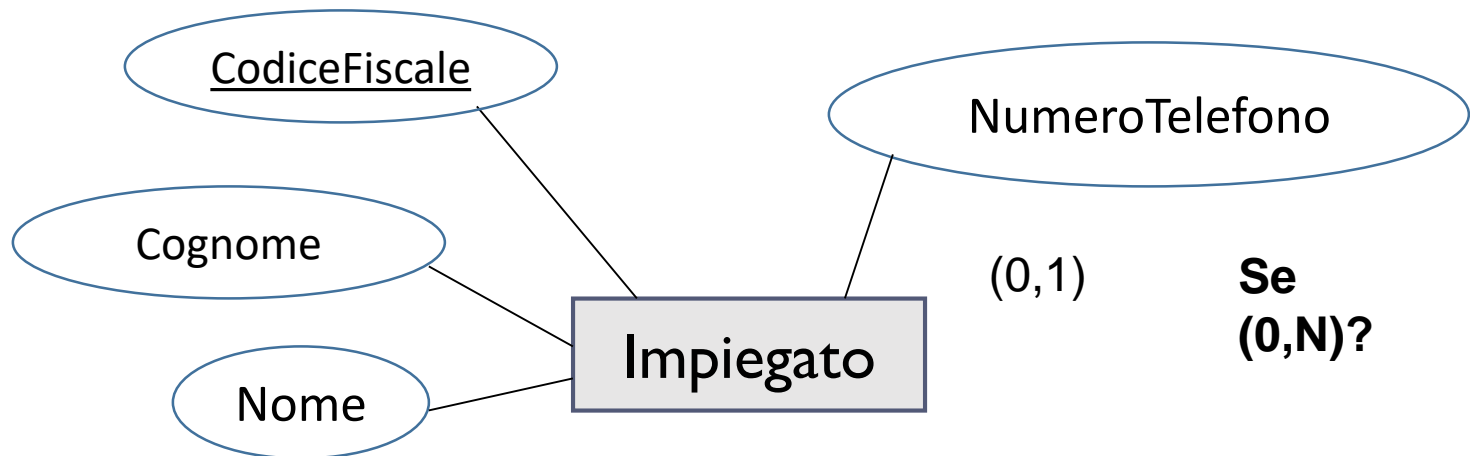
- Non sempre la scelta di rappresentare un oggetto del mondo reale come un'entità o come un attributo è banale



In tale E-R, docente è rappresentato come un attributo.
Ma concettualmente **docente** non è una entità?

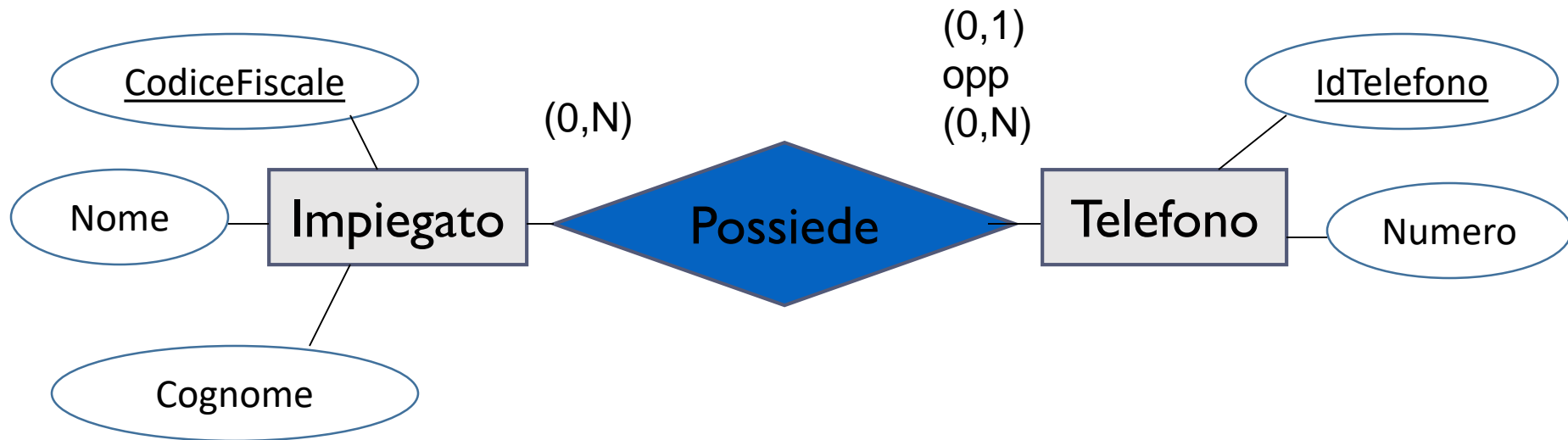
Scelta di Entità o Attributi

- **Telefono** è un attributo di Impiegati o una Entità (connessa a Impiegati da una relazione)?
 - Se ogni impiegato ha un telefono o al più un telefono, se si permette all'attributo di avere un valore nullo va bene considerarlo un attributo

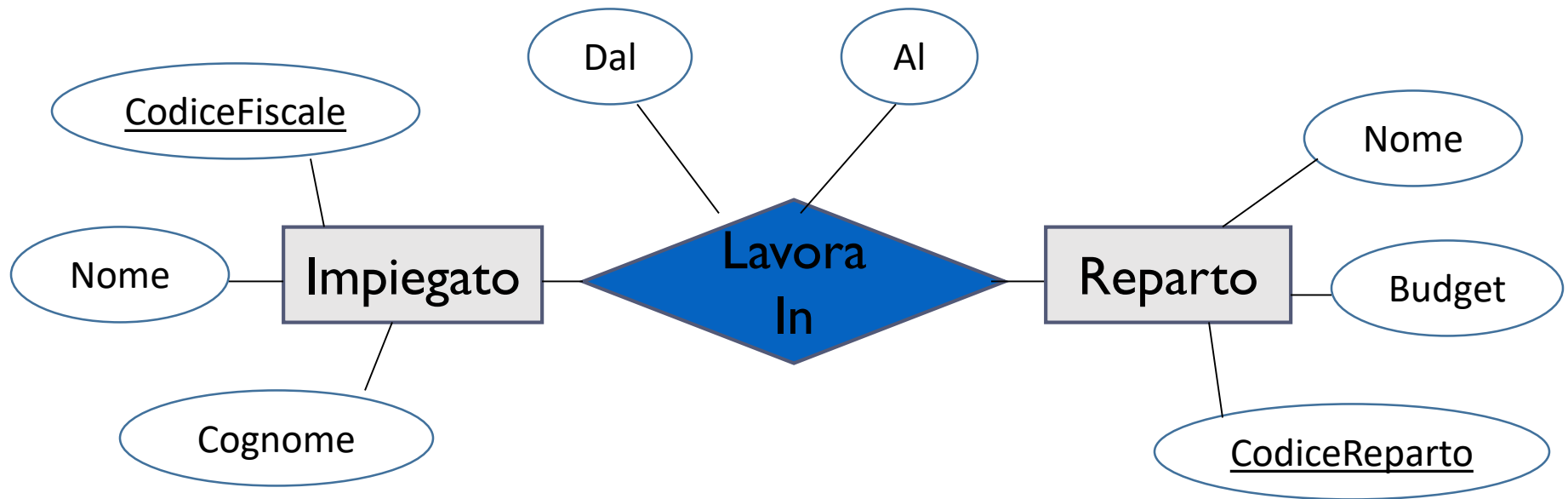


Scelta di Entità o Attributi

- soluzione

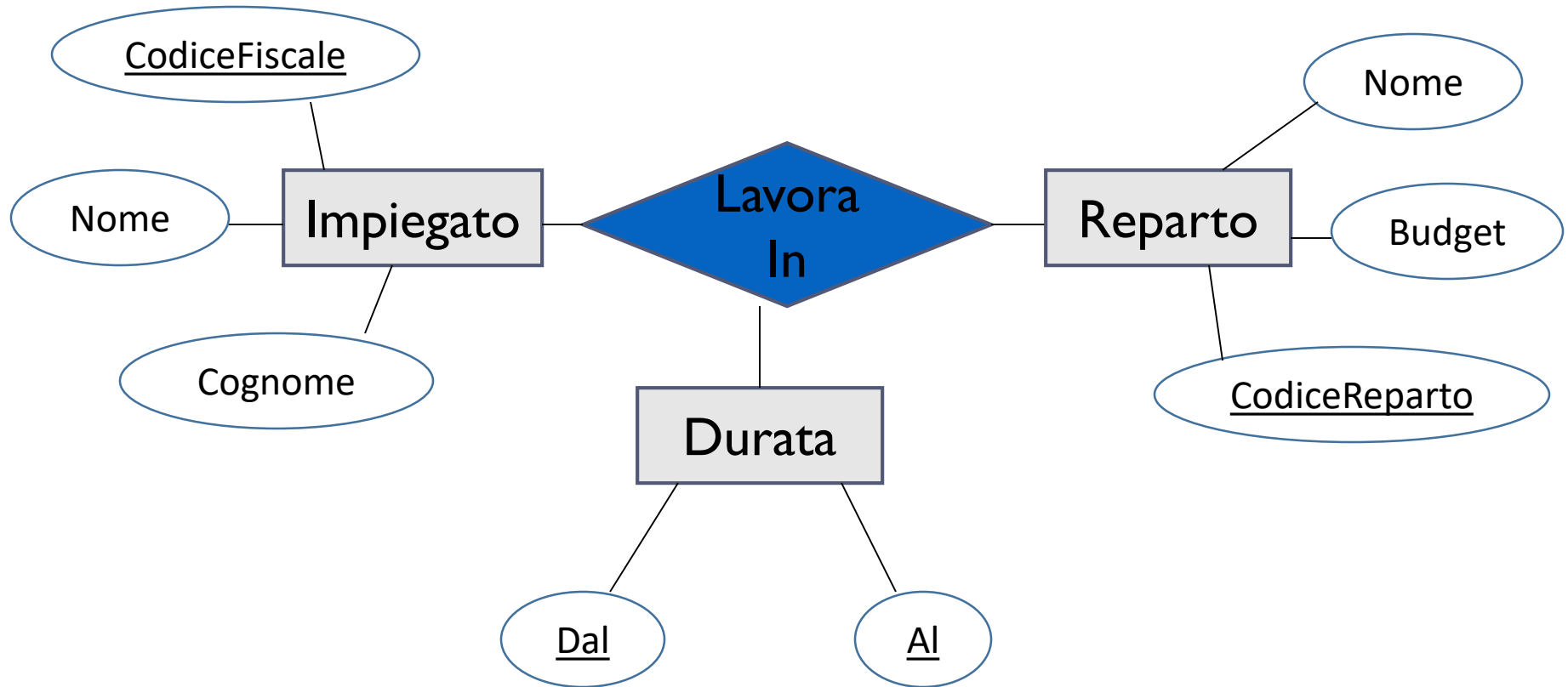


Scelta di Entità o Attributi



Non permette di lavorare ad un impiegato in un reparto per più periodi.

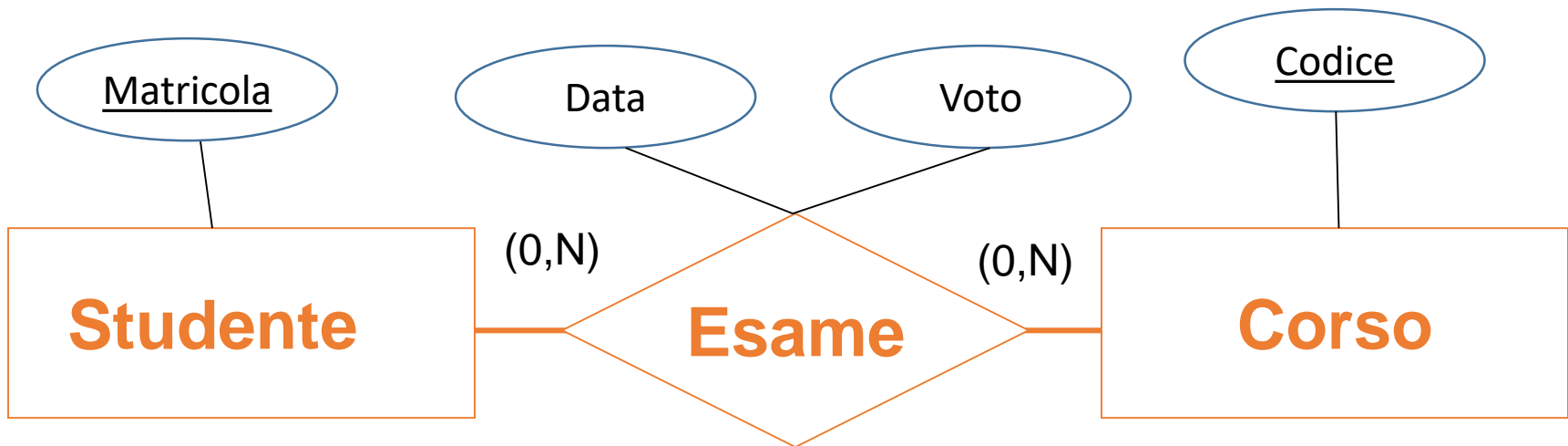
Scelta di Entità o Attributi



Aggiungiamo l'entità Durata con attributi Dal e Al in chiave

Scelta di entità o di relazioni

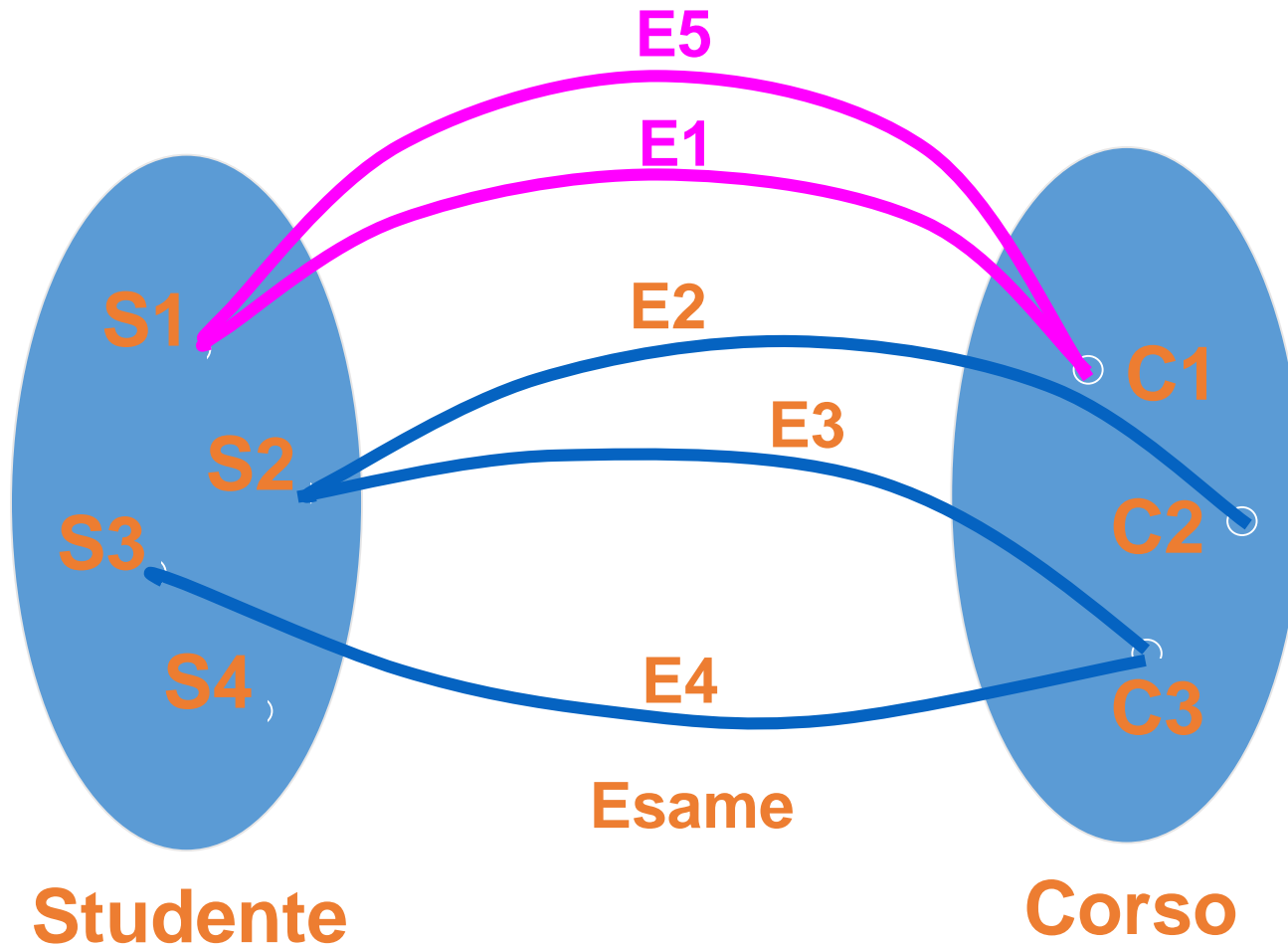
- L'esame può essere considerato come una relazione fra le entità studente e corso



Scelta di entità o di relazioni

- Se uno studente può dare una sola volta l'esame, lo schema va bene
- Ma se lo studente può dare più di una volta lo stesso esame?

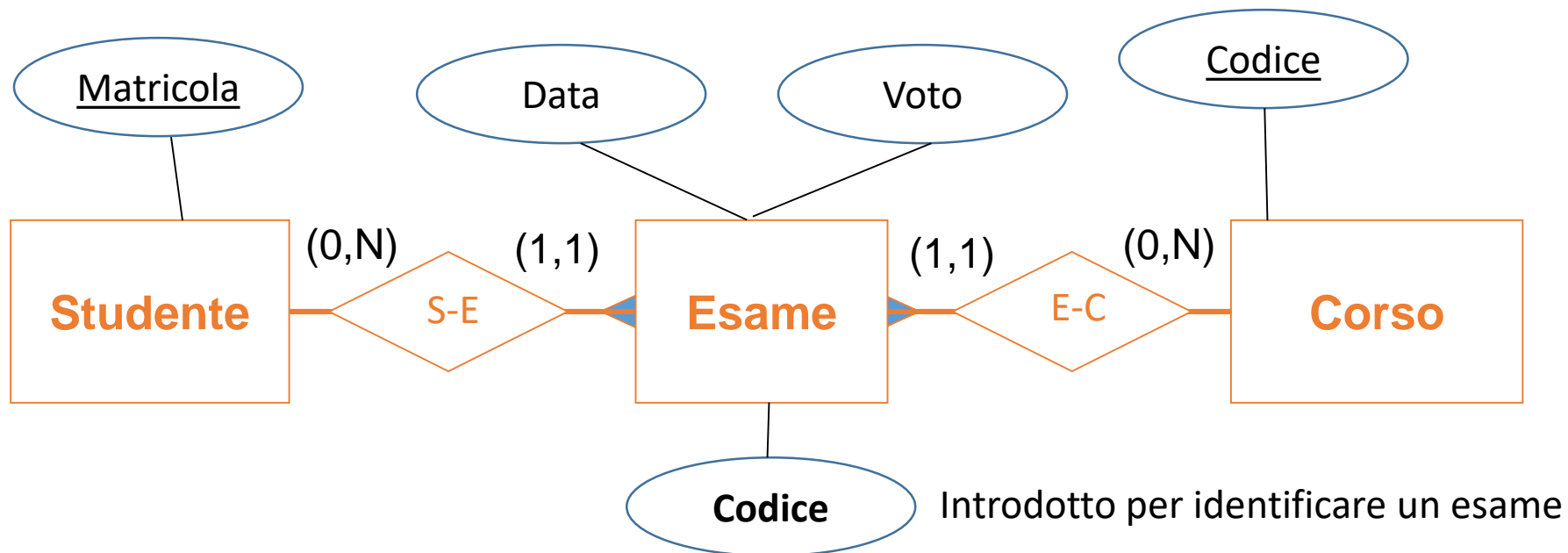
Scelta di entità o di relazioni



- Le relazioni E1 ed E5 non possono essere rappresentate

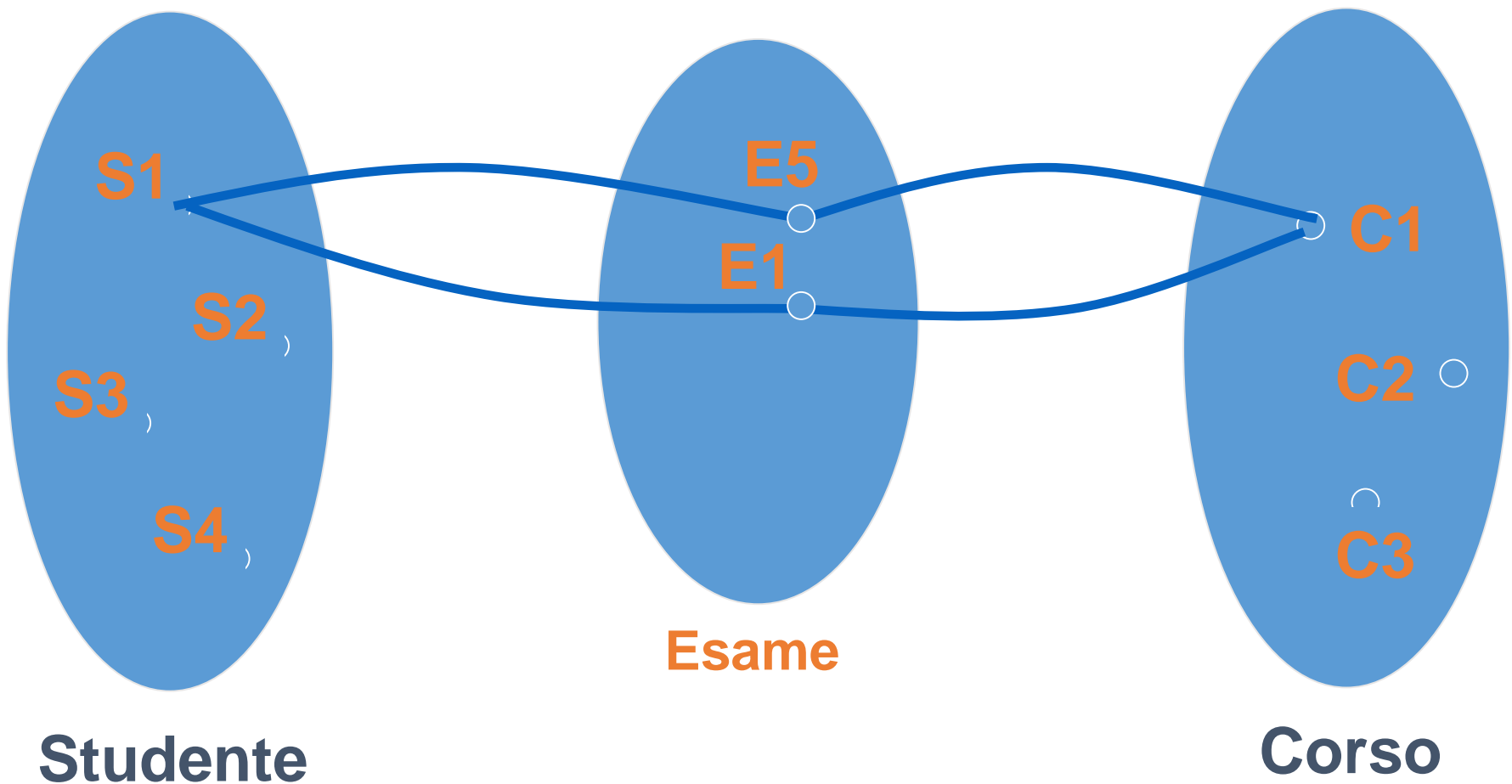
Scelta di entità o di relazioni

- Esame diventa una entità
 - È la «semantica» che guida verso una scelta



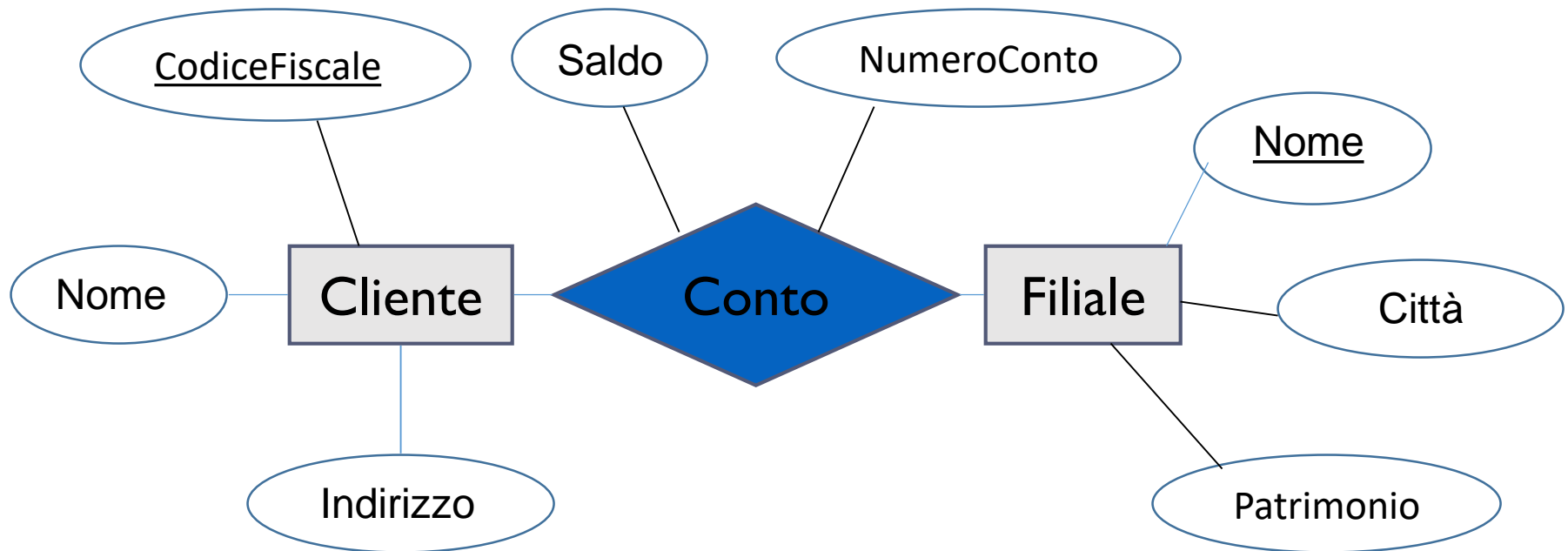
Scelta di entità o di relazioni

- Esempio di istanza



Scelta di Entità o Relazioni

- Spesso esiste anche il dubbio se rappresentare un oggetto tramite entità o relazione



se più clienti possono essere titolari dello stesso conto, tale schema introduce **ridondanza**, altrimenti può essere soddisfacente

Conclusioni

- nella progettazione dello schema concettuale di una base di dati:
 - si parte dall'analisi dei requisiti
 - si definisce lo schema con attenzione a
 - ❑ scelta di entità o di attributi
 - ❑ scelta di entità o di relazioni
 - ❑ cardinalità della relazioni e degli attributi
 - ❑ Utilizzo di generalizzazioni (avanzato)
 - se ne verifica la correttezza sul piano semantico