ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Slide BD.1.2

Basi di dati relazionali
La fase di progettazione

Progettazione di basi dati relazionali

Passi della progettazione della base dati

A partire dallo schema concettuale dell'applicazione (output della fase di analisi), ovvero:

- diagramma UML concettuale delle classi
- specifiche dei tipi di dato
- specifiche delle classi
- specifiche dei vincoli esterni
- diagramma UML concettuale degli use-case
- specifiche concettuali degli use-case

effettueremo le seguenti attività:

1. Decideremo la corrispondenza dei tipi di dato concettuali in domini SQL supportati dal DBMS
2. Progetteremo lo schema relazionale della base dati tenendo conto di tutti i vincoli isolati in fase di analisi concettuale e dei requisiti di performance
3. Progetteremo le specifiche realizzative delle operazioni di use-case e delle operazioni di classe.

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali

Progettazione di basi dati relazionali

Produzione dello schema relazionale con vincoli

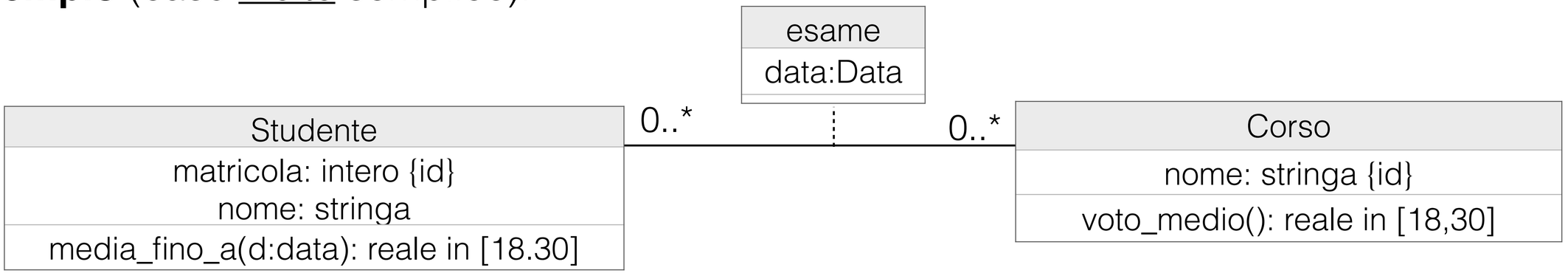
Introduzione

Produzione dello schema relazionale da schema concettuale

- **Obiettivo**: generare lo schema relazionale (con vincoli) per la base dati.
  - **Input**: diagramma delle classi UML concettuale con classi, associazioni, attributi, is-a, generalizzazioni, vincoli di identificazione, vincoli esterni
  - **Output**: un insieme di relazioni con vincoli di integrità.

Produzione dello schema relazionale da schema conc. (cont.)

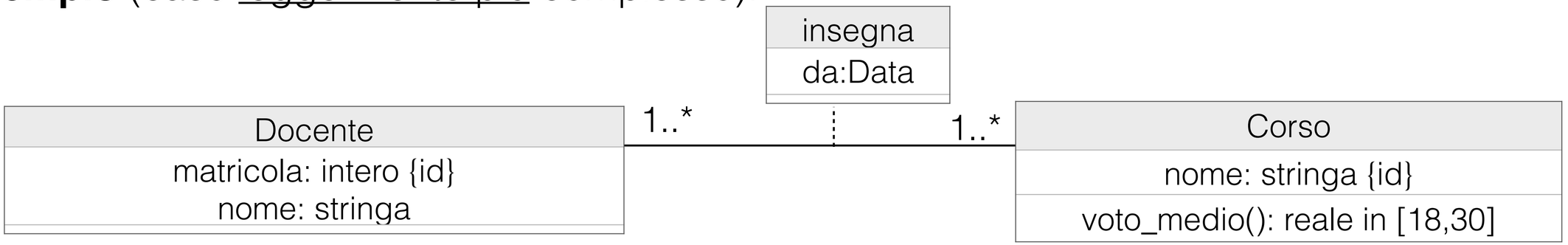
- **Esempio** (caso molto semplice):



- **Il progettista decide** che le istanze di Studente, Corso ed esame devono essere memorizzate in un DB
- **Il progettista decide** che ogni istanza di classe o associazione sia memorizzata come una singola ennupla di una tabella
- **Il progettista definisce** il seguente schema relazionale con vincoli per il DB:
  - Tabella **`Studente`**(`matricola:integer, nome:varchar`)
  - Tabella **`Corso`**(`nome:varchar`)
  - Tabella **`esame`**(`studente:integer, corso:varchar, data:Date`)
    - foreign key: `studente references Studente(matricola)`
    - foreign key: `corso references Corso(nome)`

Produzione dello schema relazionale da schema conc. (cont.)

- **Esempio** (caso leggermente più complesso):



- **Il progettista decide** che le istanze di Docente, Corso ed insegna devono essere memorizzate in un DB
- **Il progettista decide** che ogni istanza di classe o associazione sia memorizzata come una singola ennupla di una tabella
- **Il progettista definisce** il seguente schema relazionale con vincoli per il DB:
  - Tabella **`Docente`**`(matricola:integer, nome:varchar)`
    - vincolo di inclusione: `matricola occorre in insegna(docente)` <— non è foreign key!
  - Tabella **`Corso`**`(nome:varchar)`
    - vincolo di inclusione: `nome occorre in insegna(corso)` <— non è foreign key!
  - Tabella **`insegna`**`(docente:integer, corso:varchar, da:Date)`
    - foreign key: `docente references Docente(matricola)`
    - foreign key: `corso references Corso(nome)`

Una Metodologia Robusta e Scalabile

- I diagrammi UML concettuali delle classi possono contenere molti costrutti ed essere complicati.
  - Come gestire attributi multivalore?
  - Come gestire relazioni is-a, generalizzazioni disgiunte e non disgiunte, complete e non complete?
  - …
- **Scrivere direttamente lo schema relazionale a partire dal diagramma delle classi UML concettuale comporta alto rischio di errore…**
- Vedremo una **metodologia robusta e scalabile:**
  1. **Ristrutturazione dello schema concettuale**: a partire dallo schema concettuale il progettista produce un nuovo (!) diagramma delle classi (ristrutturato) e nuove specifiche (ristrutturate) delle classi, degli use-case, dei tipi di dato, dei vincoli esterni.
     - Lo schema ristrutturato dipende dalle tecnologie scelte dal progettista per implementare il sistema.
       Ad es., in caso di implementazione come applicazione di basi di dati:
       - il diagramma delle classi ristrutturato definisce quali sono le classi le cui istanze vanno memorizzate nel DB
       - è equivalente all'originale, ovvero permette di rappresentare gli stessi livelli estensionali dei dati (al più con struttura diversa)
       - contiene solo i costrutti più semplici: classe, associazione, attributi di tipi di dato disponibili SQL (base o definiti dal progettista, v. slide su SQL) e con molteplicità massima pari ad 1, direttamente implementabili nella tecnologia scelta
       - tiene conto di alcuni requisiti di performance
  2. **Traduzione diretta**: lo schema relazionale della base dati viene prodotto a partire dal diagramma delle classi ristrutturato e tenendo conto di ulteriori requisiti di performance.

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali

Progettazione di basi dati relazionali

Produzione dello schema relazionale con vincoli

Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

- **Obiettivo**: trasformare la *porzione* del diagramma UML concettuale delle classi relativa alle classi/associazioni le cui istanze si vogliono memorizzare nel DB in un diagramma equivalente, ma dalla cui struttura si possa direttamente derivare lo schema relazionale del DB.

- **La metodologia prevede una sequenza di passi da eseguire nell'ordine dato.** Ogni passo può prevedere alcune alternative da valutare caso per caso (con un occhio alle performance):

  1. Eliminazione di attributi multivalore
  2. Sostituzione dei tipi di dato concettuali con opportuni tipi supportati dal DBMS (tipi base o definiti dall'utente)
  3. Eliminazione delle generalizzazioni tra classi
  4. Eliminazione delle generalizzazioni tra associazioni
  5. Definizione di un identificatore per ogni classe
  6. Selezione di un identificatore primario per ogni classe

Il diagramma delle classi ristrutturato è, dal punto di vista concettuale, di pessima qualità.

Ma questo non è importante: la ristrutturazione è solo un modo grafico di procedere per ottenere un semi-lavorato equivalente all'originale e da cui facilmente produrre lo schema relazionale del DB!

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali
Progettazione di basi dati relazionali
Produzione dello schema rel. con vincoli
Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

Eliminazione di attributi multivalore

Eliminazione di Attributi Multivalore

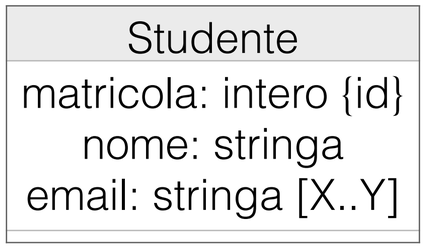
Obiettivo:

- Ristrutturare il diagramma UML concettuale delle classi in uno equivalente che **non contenga attributi multivalore** (che non sono supportati dai DBMS).

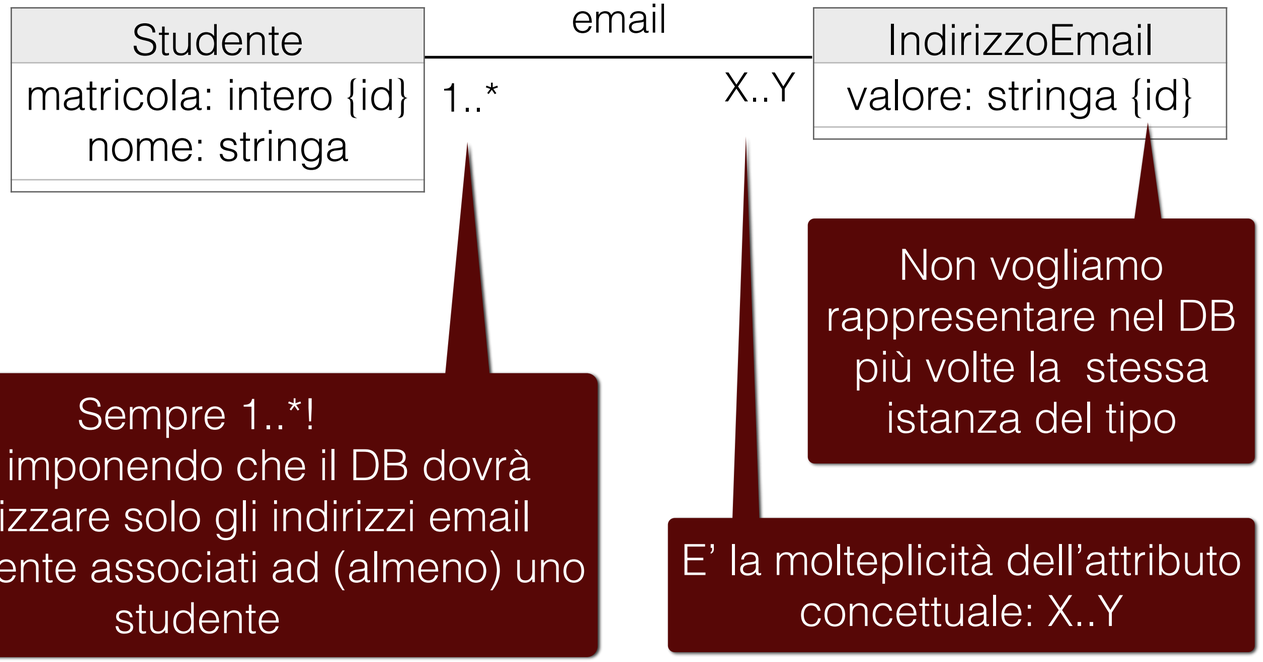
Metodologia:

- Creare una **nuova classe** le cui istanze rappresentano i valori del **tipo di dato** effettivamente utilizzate nel livello degli oggetti e dei link

Diagramma delle classi concettuale



Esito del passo di ristrutturazione

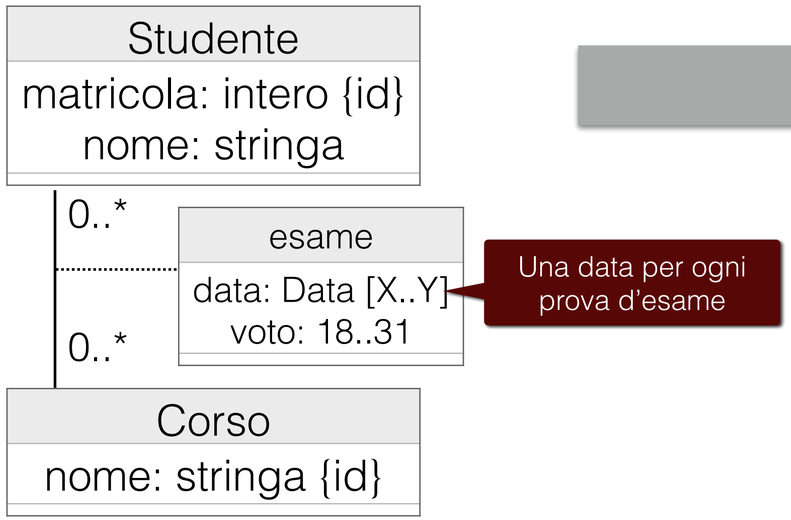


Nota: la nuova classe UML non ha alcuna rilevanza concettuale. Stiamo abusando del concetto di classe per rappresentare i valori (utilizzati) di un tipo di dato.

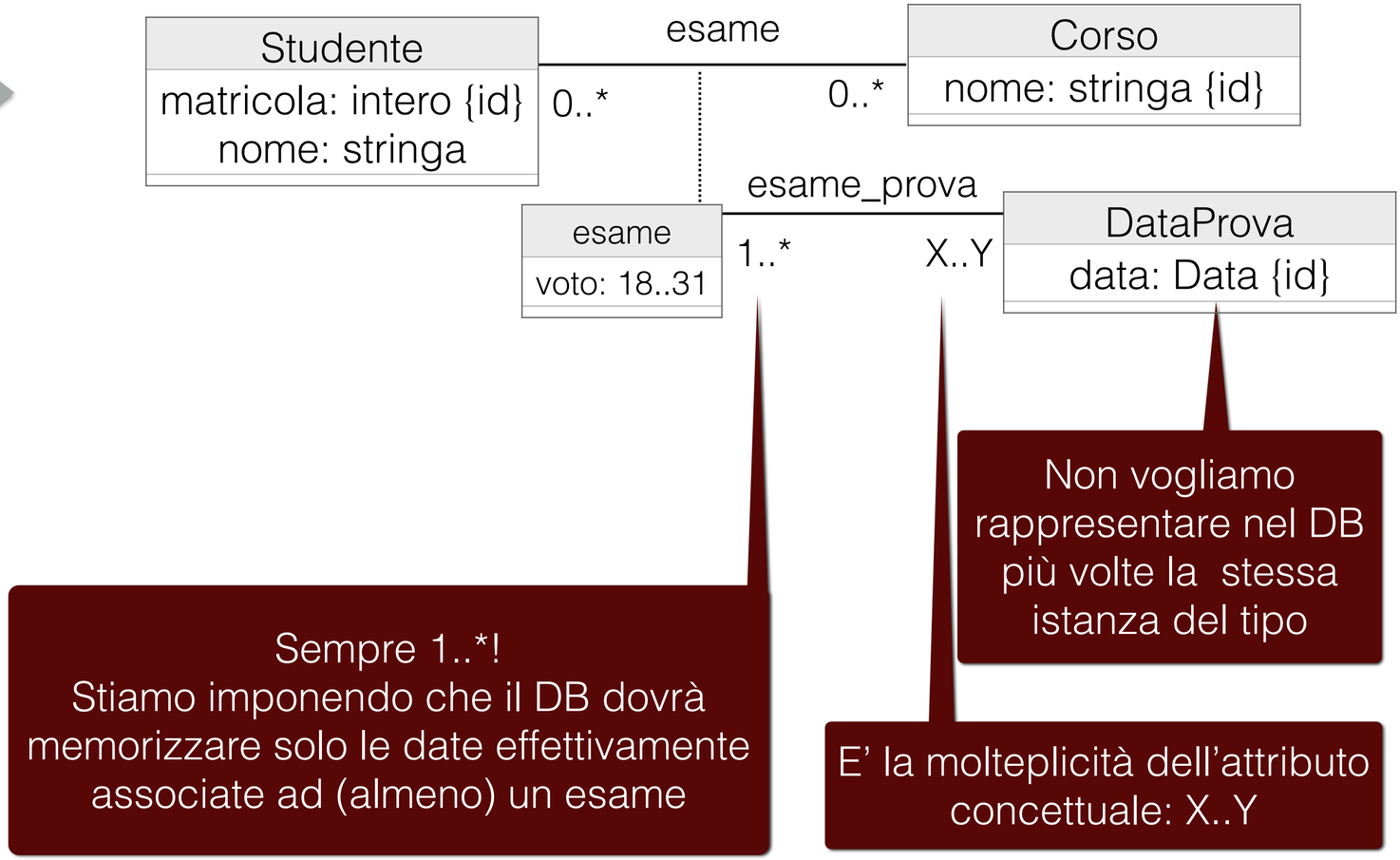
Eliminazione di Attributi Multivalore (cont.)

Esempio: eliminazione degli attributi multivalore di associazione

Diagramma delle classi concettuale



Esito del passo di ristrutturazione



Nota: la nuova classe UML non ha alcuna rilevanza concettuale. Stiamo abusando del concetto di classe per rappresentare i valori di un tipo di dato effettivamente utilizzati a livello estensionale.

Eliminazione di Attributi Multivalore (cont.)

Al termine del passo di eliminazione degli attributi multivalore tutti gli attributi del diagramma ristrutturato hanno vincoli di cardinalità [0..1] oppure [1..1]

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali
Progettazione di basi dati relazionali
Produzione dello schema rel. con vincoli
Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

Scelta dei tipi di dato

Scelta dei tipi di dato

Obiettivo:

- Ristrutturare il diagramma UML concettuale delle classi in uno equivalente che contenga **solo attributi di tipi di dato (**detti anche **domini) supportati dal DBMS**.

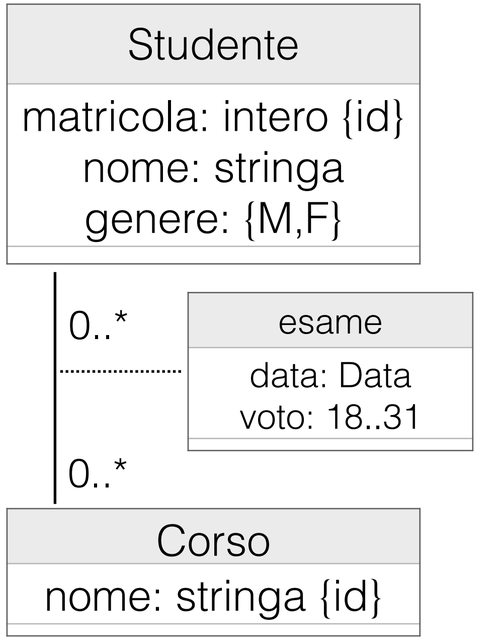
Metodologia:

- Scegliere un opportuno tipo di dato supportato dal DBMS per ogni attributo, anche definendo, tramite SQL, tipi di dato utente.
  - **Tipi concettuali base**: intero, reale, stringa, Data, Ora, DataOra
    —> hanno un immediato corrispettivo in SQL: integer, varchar(…), Date, Time, DateTime, TimeStamp, etc. [link a documentazione PostgreSQL]
  - **Tipi concettuali specializzati**: ad es., intero > 0, reale <= 0, x..y, etc.
    —> definire nuovi tipi di dato supportati dal DBMS usando SQL: **CREATE DOMAIN** (v. slide su SQL DDL)
  - **Tipi concettuali enumerativi:** ad es., {M,F}, etc.
    —> definire nuovi tipi di dato supportati dal DBMS usando SQL: **CREATE TYPE … AS ENUM** (v. slide su SQL DDL)
  - **Tipi concettuali composti:** ad es., Indirizzo, etc.
    —> definire nuovi tipi di dato supportati dal DBMS usando SQL: **CREATE TYPE … AS (…)** (v. slide su SQL DDL)

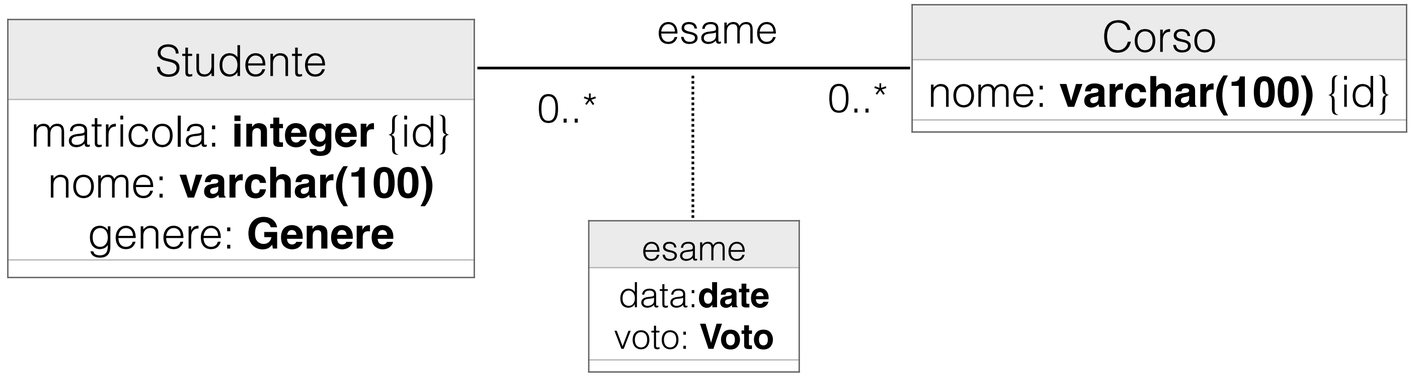
Scelta dei tipi di dato (cont.)

Esempio (tipi base, specializzati, enumerativi):

Diagramma delle classi concettuale



Esito del passo di ristrutturazione



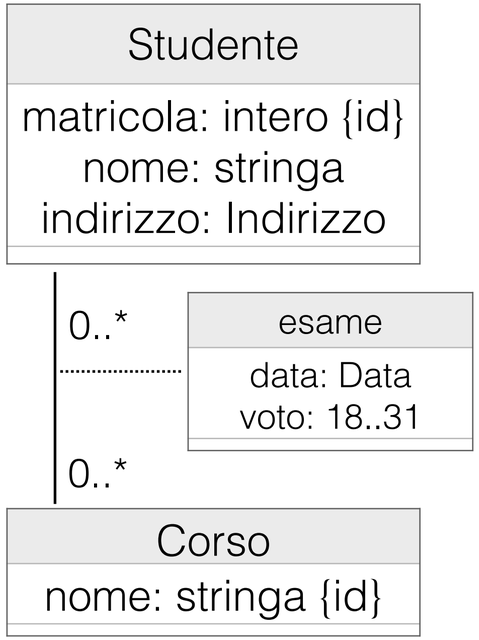

```
CREATE TYPE Genere AS ENUM ('M', 'F');

CREATE DOMAIN Voto AS Integer
  CHECK (value >= 18 and value <= 31);
```

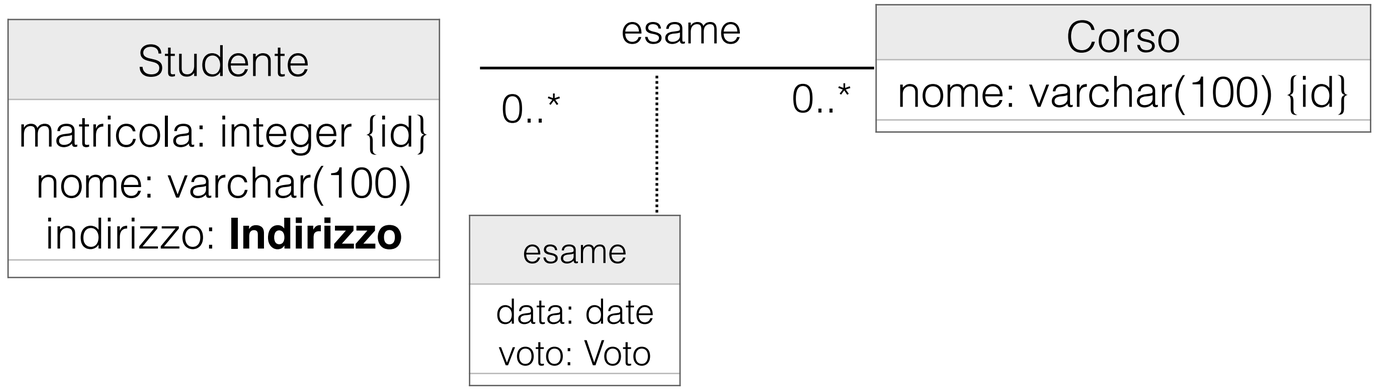
Scelta dei tipi di dato (cont.)

Esempio (tipi composti):

Diagramma delle classi concettuale



Esito del passo di ristrutturazione




```
CREATE TYPE Indirizzo (
  via varchar(100) NOT NULL,
  civico integer NOT NULL
);
```

NOT NULL non supportato da PostgreSQL

Tipo di dato Indirizzo: record(
- via: stringa
- civico: intero

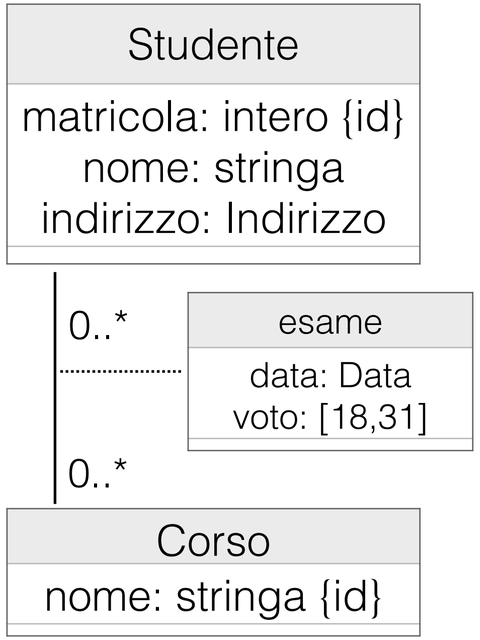
)

Nota: il costrutto CREATE TYPE è supportato da molti DBMS in modo limitato, v. slide su SQL DDL.

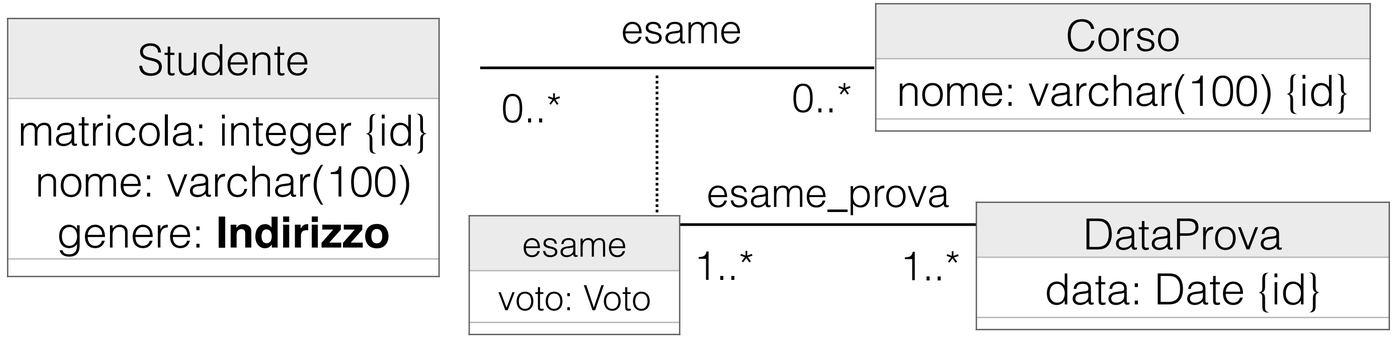
Scelta dei tipi di dato (cont.)

Esempio (tipi composti):

Diagramma delle classi concettuale



Esito del passo di ristrutturazione




```
CREATE TYPE Indirizzo (
  via varchar(100) NOT NULL,
  civico integer NOT NULL CHECK (value > 0)
);
```

Come fare?

NOT NULL e CHECK non supportati da PostgreSQL

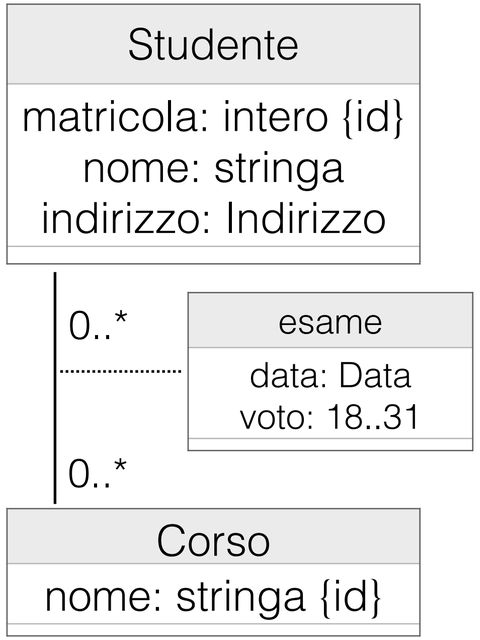
Tipo di dato Indirizzo: record(
- via: stringa
- **civico: intero > 0**

)

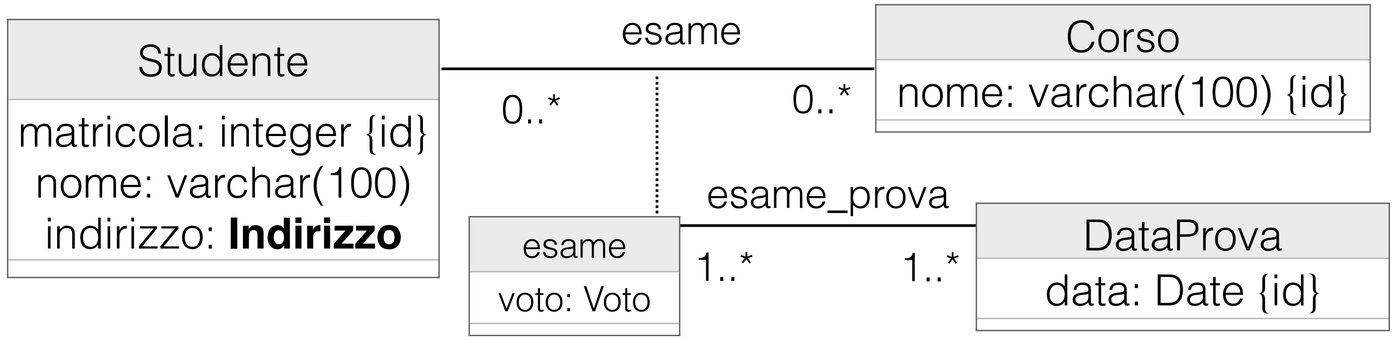
Scelta dei tipi di dato (cont.)

Esempio (tipi composti):

Diagramma delle classi concettuale



Esito del passo di ristrutturazione



Tipo di dato Indirizzo: record(

- via: stringa
- **civico: intero > 0**

)

Metodologia: creare domini ausiliari

```
CREATE Domain String100_not_null AS varchar(100)
   CHECK (value IS NOT NULL);

CREATE DOMAIN Int_gz_not_null AS Integer
   CHECK (value IS NOT NULL and value > 0);

CREATE TYPE Indirizzo (
   via String100_not_null,
   civico Int_gz_not_null
);
```

Scelta dei tipi di dato (cont.)

Al termine del passo di definizione della corrispondenza dei tipi di dato concettuali in tipi supportati dal DBMS, tutti gli attributi del diagramma ristrutturato sono semplici, hanno un dominio supportato dal DBMS ed hanno vincoli di cardinalità [0..1] oppure [1..1]

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali
Progettazione di basi dati relazionali
Produzione dello schema rel. con vincoli

Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

Generalizzazioni

Ristrutturazione delle generalizzazioni

Obiettivo:

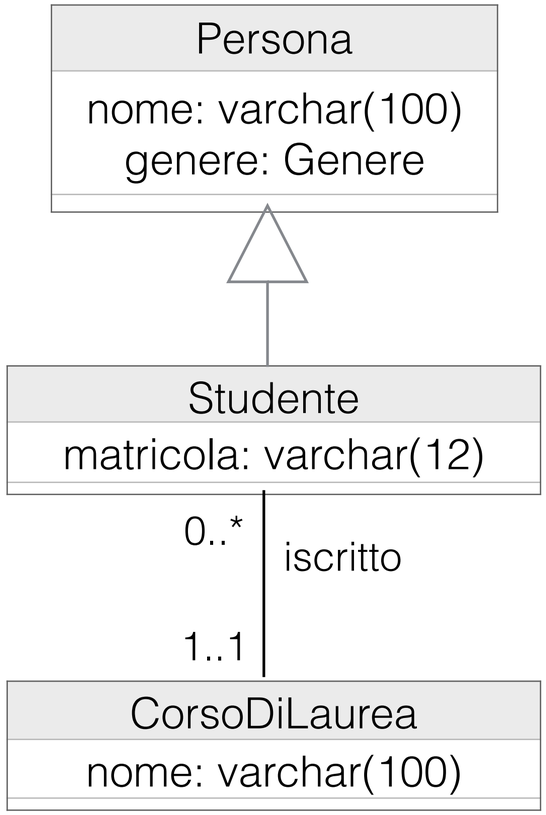
- Ristrutturare il diagramma UML concettuale delle classi in uno equivalente che **non contenga relazioni-isa o generalizzazioni tra classi o associazioni, che non sono supportate dal DBMS**.

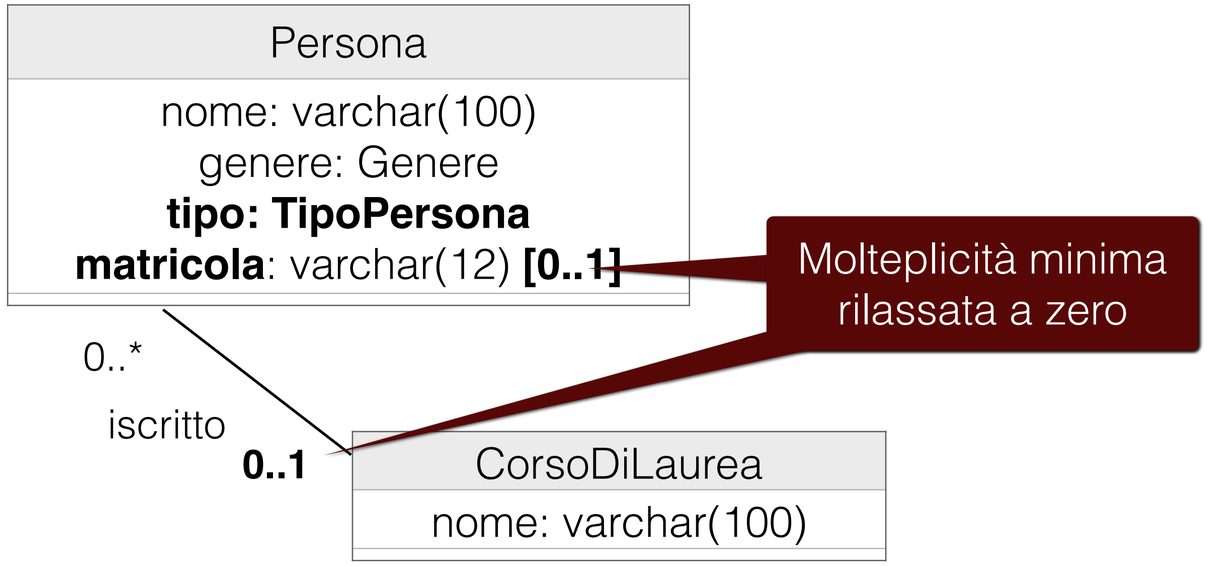
Metodologia:

- **Relazioni is-a o generalizzazioni tra classi**: scegliere il modo più opportuno di ristrutturare ogni singolo livello di ogni generalizzazione, scegliendo tra tre possibili approcci:
  - **Fusione** di sottoclassi nelle loro superclassi
  - **Divisione** delle superclassi in classi **disgiunte**
  - **Sostituzione** di relazioni is-a con associazioni

- **Relazioni is-a o generalizzazioni tra associazioni**:
  - **Fusione** di sotto-associazioni nelle loro super-associazioni, se opportuno a valle del passo precedente
  - Aggiunta di **vincoli esterni** (che saranno opportunamente gestiti più avanti)

Approccio: fondere un intero livello della generalizzazione (superclasse + sottoclassi) in un'unica classe



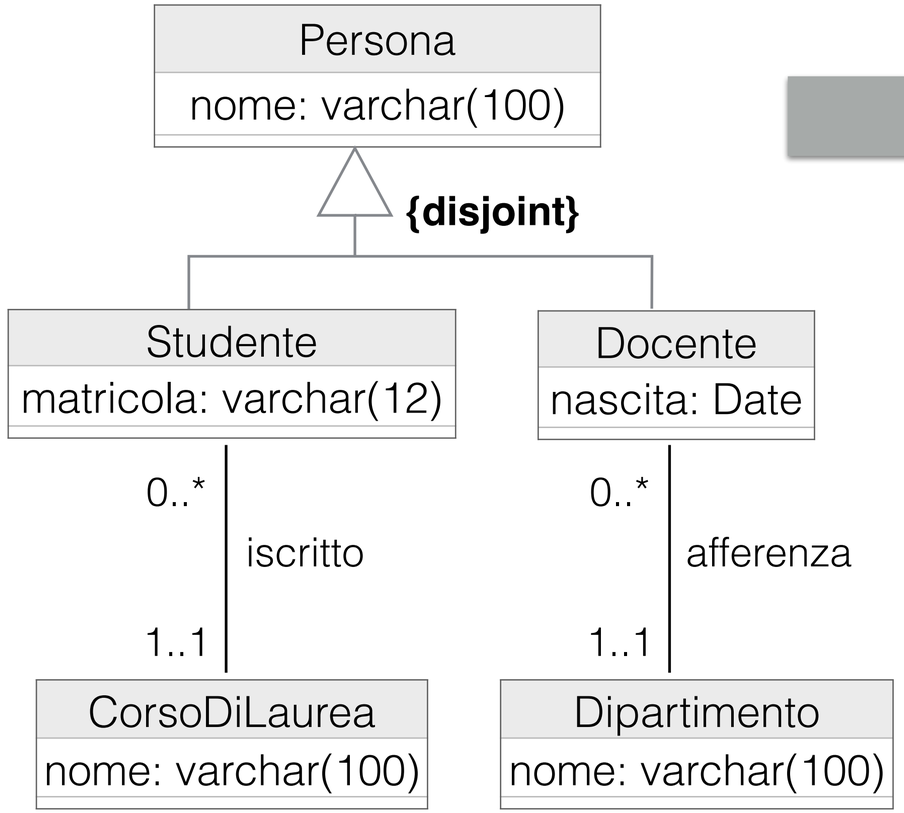


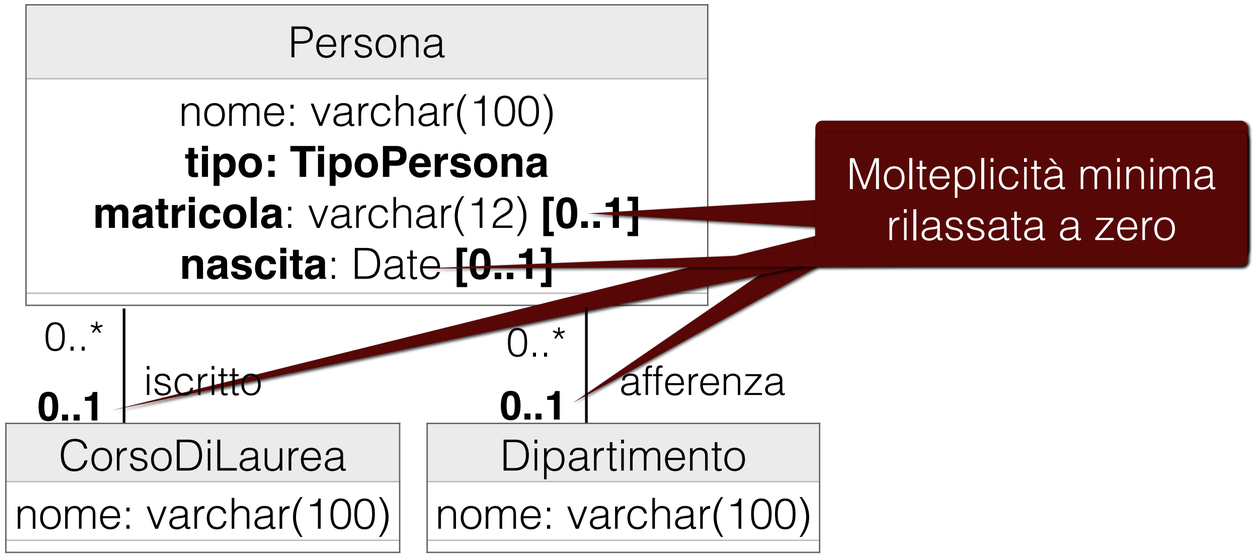

```
CREATE TYPE TipoPersona AS ENUM
  ('Persona', 'Studente');
```

Vincoli esterni: per ogni istanza p di Persona:

1. p.tipo = 'Studente' se e solo se p.matricola è valorizzato
2. p.tipo = 'Studente' se e solo se p è coinvolto in un link "iscritto"

Ristrutturazione di generalizzazioni per fusione **in caso di sottoclassi disgiunte**






```
CREATE TYPE TipoPersona AS ENUM
  ('Persona', 'Studente', 'Docente');
```

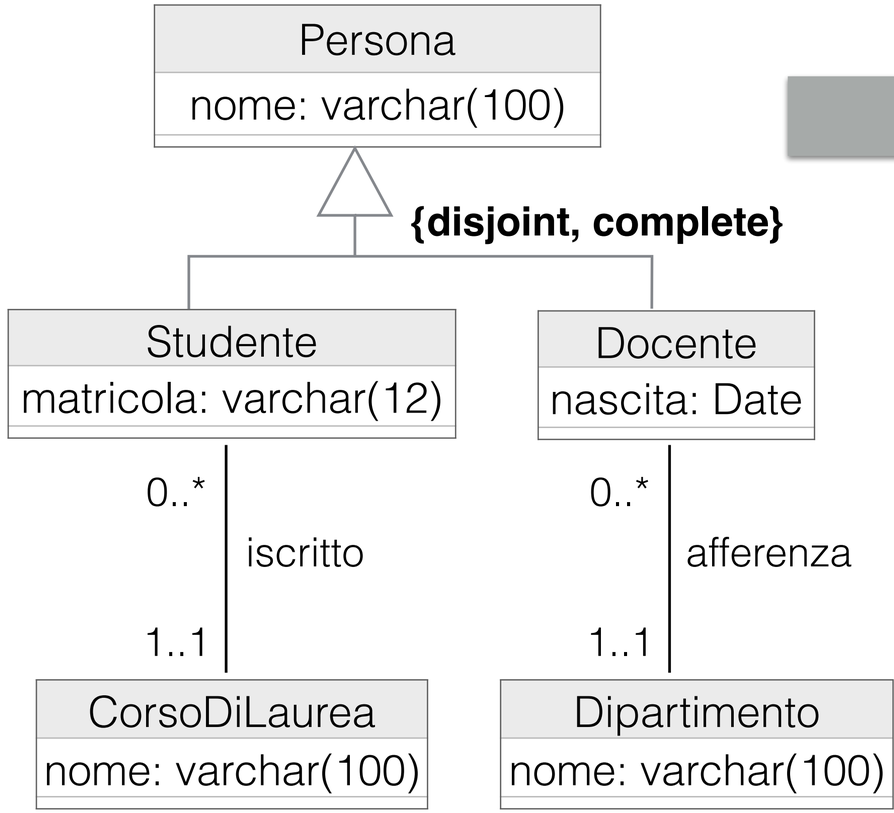
Vincoli esterni: per ogni istanza p di Persona:

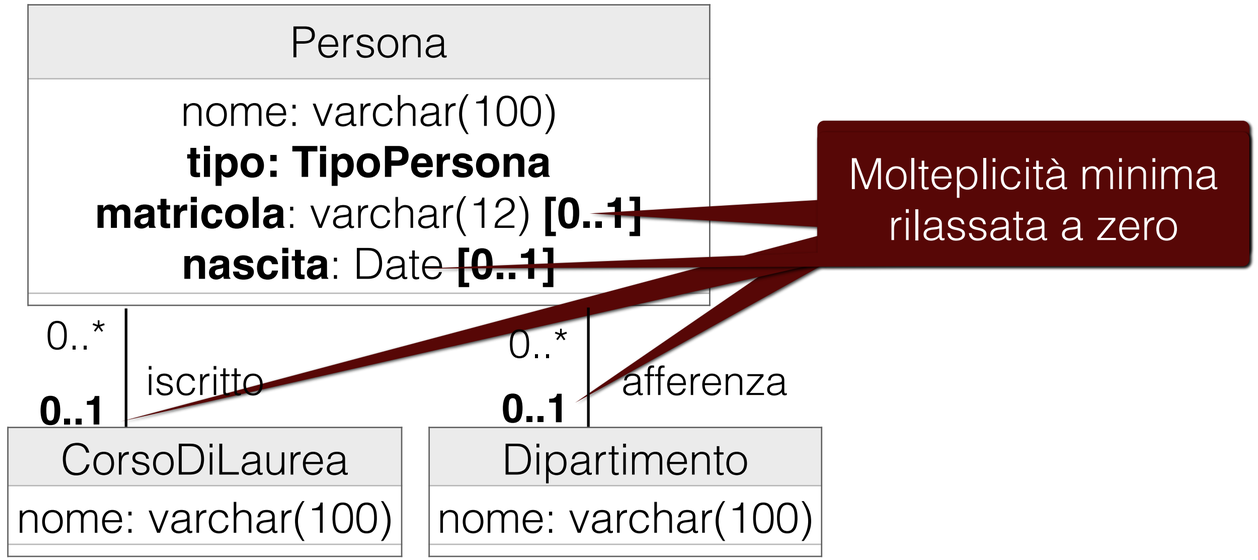
1. p.tipo = ‘Studente’ se e solo se p.matricola è valorizzato
2. p.tipo = ‘Studente’ se e solo se p è coinvolto in un link “iscritto”
3. p.tipo = ‘Docente’ se e solo se p.nascita è valorizzato
4. p.tipo = ‘Docente’ se e solo se p è coinvolto in un link “afferenza”

Più vincoli esterni da gestire

Ristrutturazione delle generalizzazioni: fusione (cont.)

Ristrutturazione di generalizzazioni per fusione **in caso di sottoclassi disgiunte e complete**






```
CREATE TYPE TipoPersona AS ENUM
  ('Persona', 'Studente', 'Docente');
```

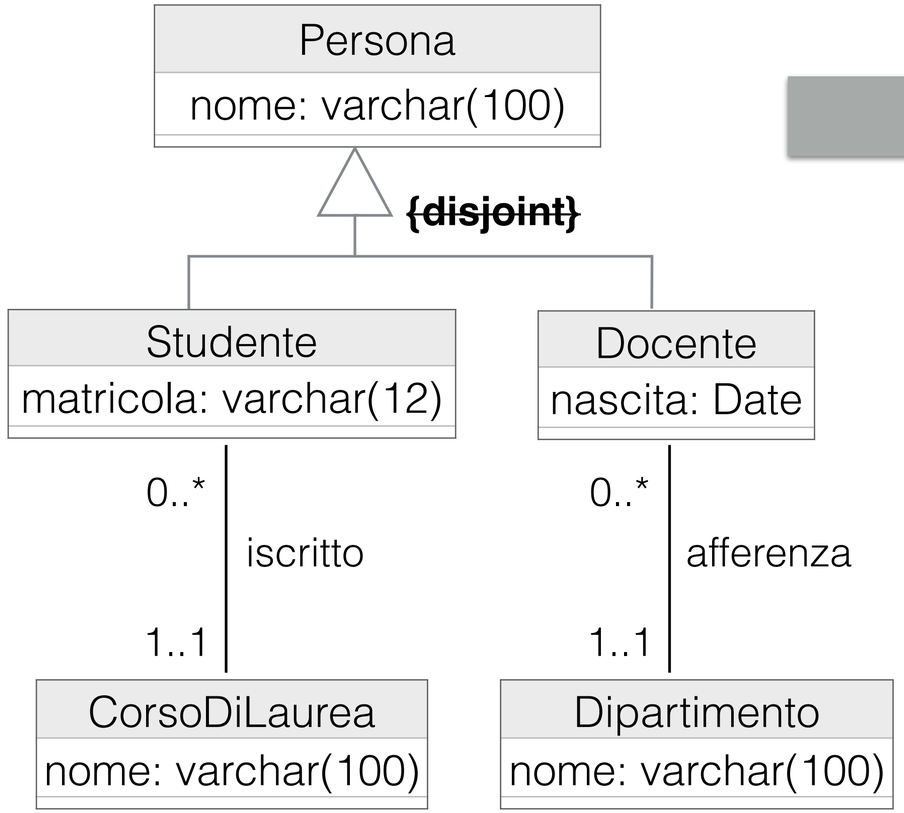
Vincoli esterni: per ogni istanza p di Persona:

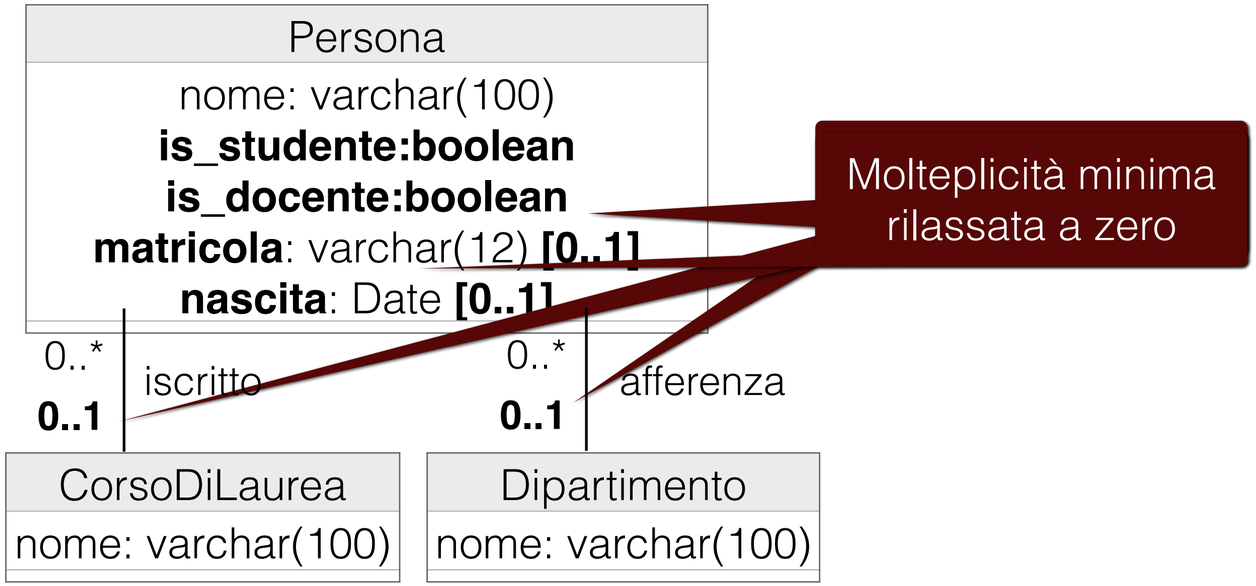
1. p.tipo = ‘Studente’ se e solo se p.matricola è valorizzato
2. p.tipo = ‘Studente’ se e solo se p è coinvolto in un link “iscritto”
3. p.tipo = ‘Docente’ se e solo se p.nascita è valorizzato
4. p.tipo = ‘Docente’ se e solo se p è coinvolto in un link “afferenza”

Più vincoli esterni da gestire

Ristrutturazione delle generalizzazioni: fusione (cont.)

Ristrutturazione di generalizzazioni per fusione **in caso di sottoclassi disgiunte**



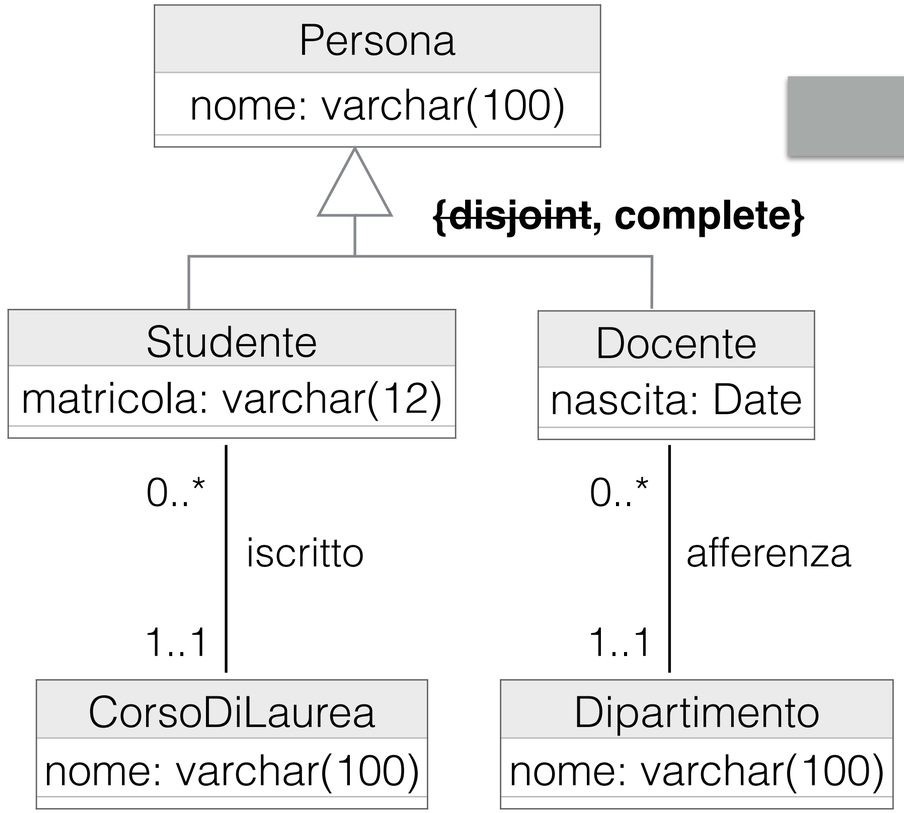


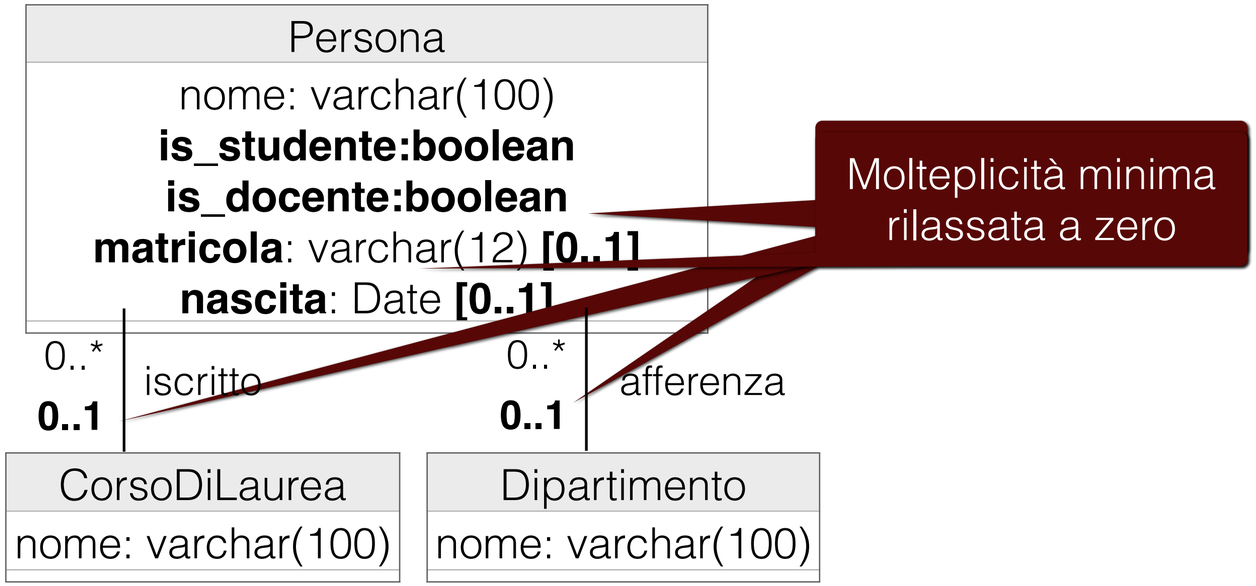
Vincoli esterni: per ogni istanza p di Persona:

1. p.is_studente = TRUE se e solo se p.matricola è valorizzato
2. p.is_studente = TRUE se e solo se p è coinvolto in un link “iscritto”
3. p.is_docente = TRUE se e solo se p.nascita è valorizzato
4. p.is_docente = TRUE se e solo se p è coinvolto in un link “afferenza”

Ristrutturazione delle generalizzazioni: fusione (cont.)

Ristrutturazione di generalizzazioni per fusione **in caso di sottoclassi disgiunte**



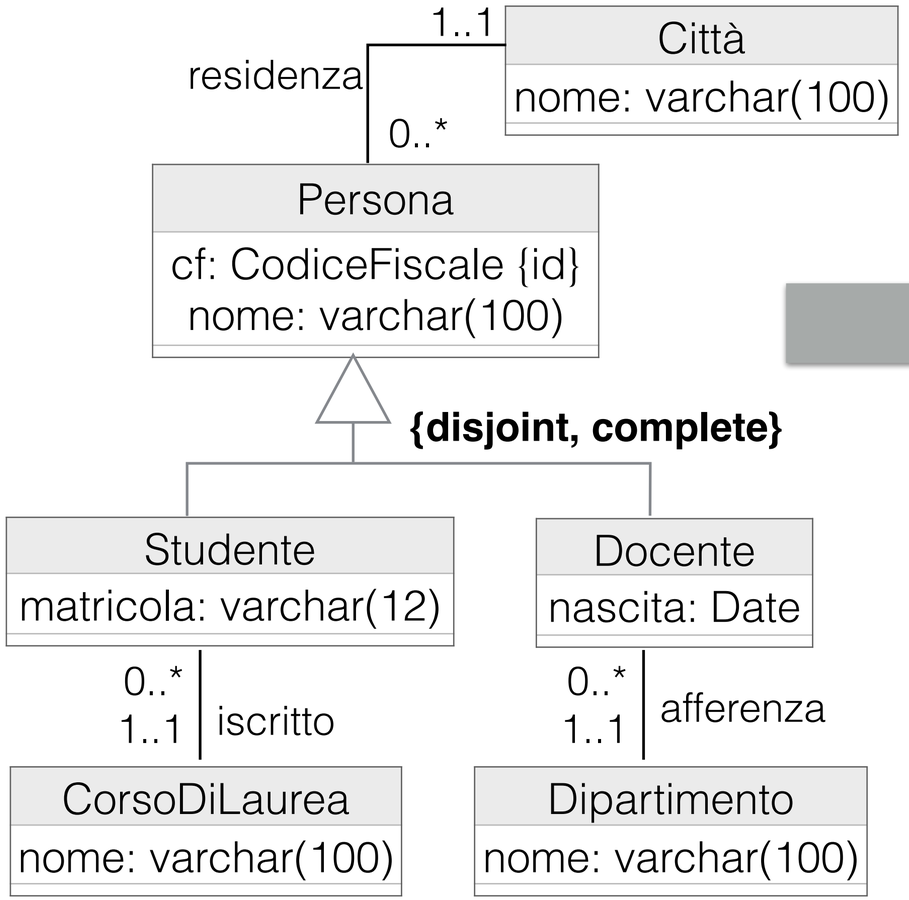


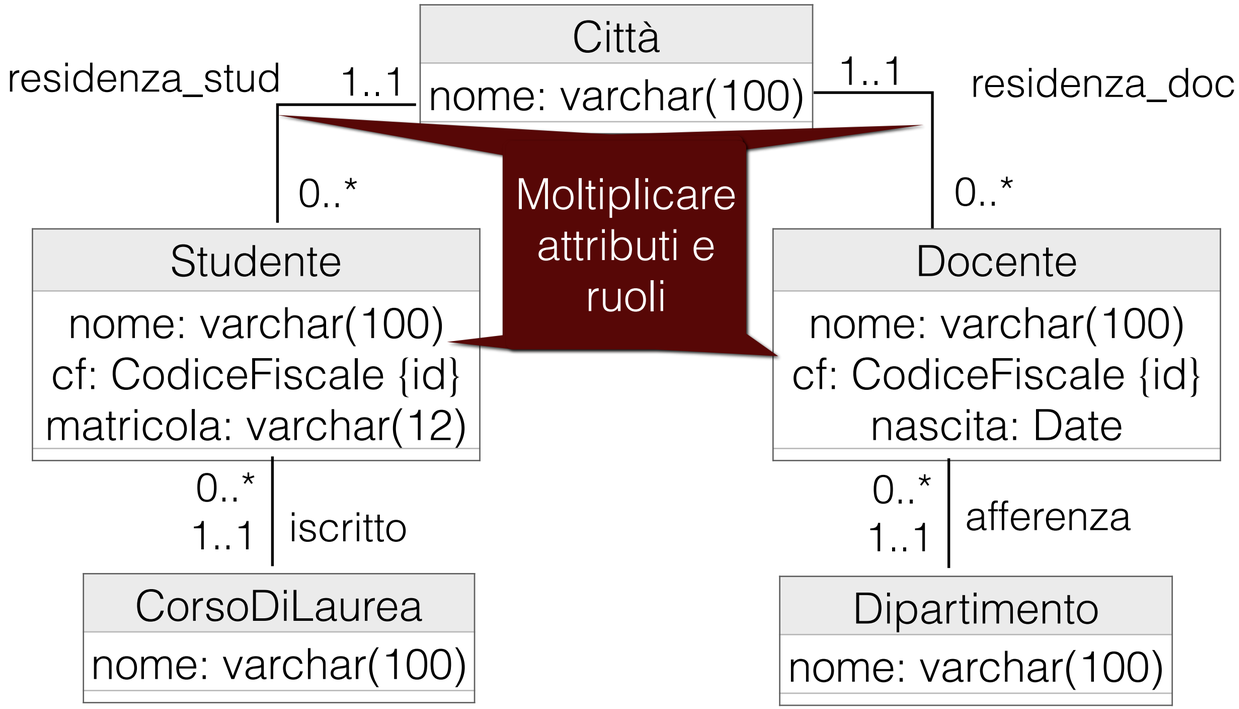
Vincoli esterni: per ogni istanza p di Persona:

1. p.is_studente = TRUE se e solo se p.matricola è valorizzato
2. p.is_studente = TRUE se e solo se p è coinvolto in un link “iscritto”
3. p.is_docente = TRUE se e solo se p.nascita è valorizzato
4. p.is_docente = TRUE se e solo se p è coinvolto in un link “afferenza”
5. **p.is_docente = TRUE oppure p.is_studente = TRUE**

Ristrutt. delle generalizzazioni: divisione in classi disgiunte

Ristrutturazione di generalizzazioni per divisione **in caso di sottoclassi disgiunte e complete**





Vincoli esterni:

1. non devono esistere s:Studente e d:Docente tali che s.cf = d.cf

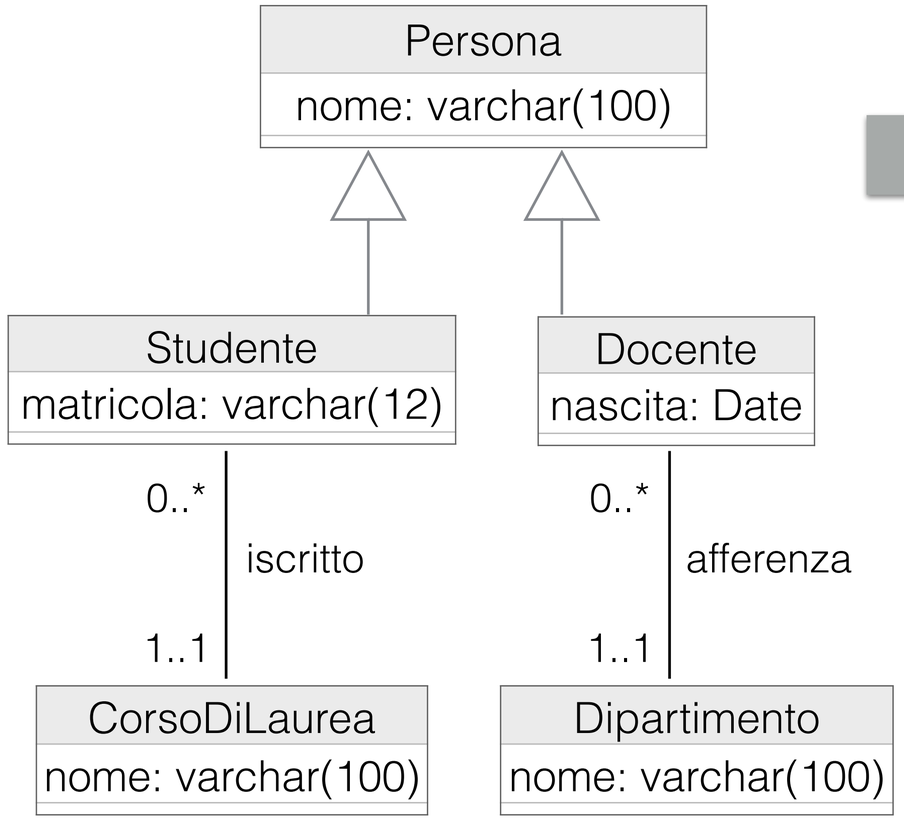
Per recuperare la semantica del vincolo di identificazione concettuale in Persona

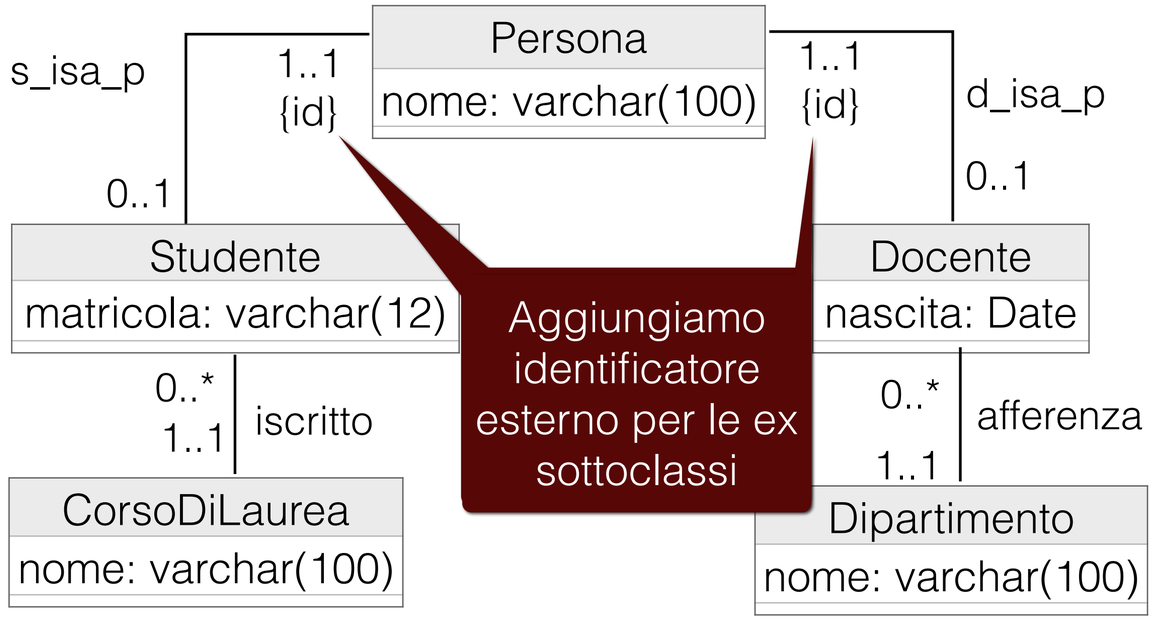
Approccio problematico per generalizzazioni non complete e/o non disgiunte

In generale: approccio da usare con cautela!

Ristrutturazione delle generalizzazioni: sost. di relazioni is-a con associazioni

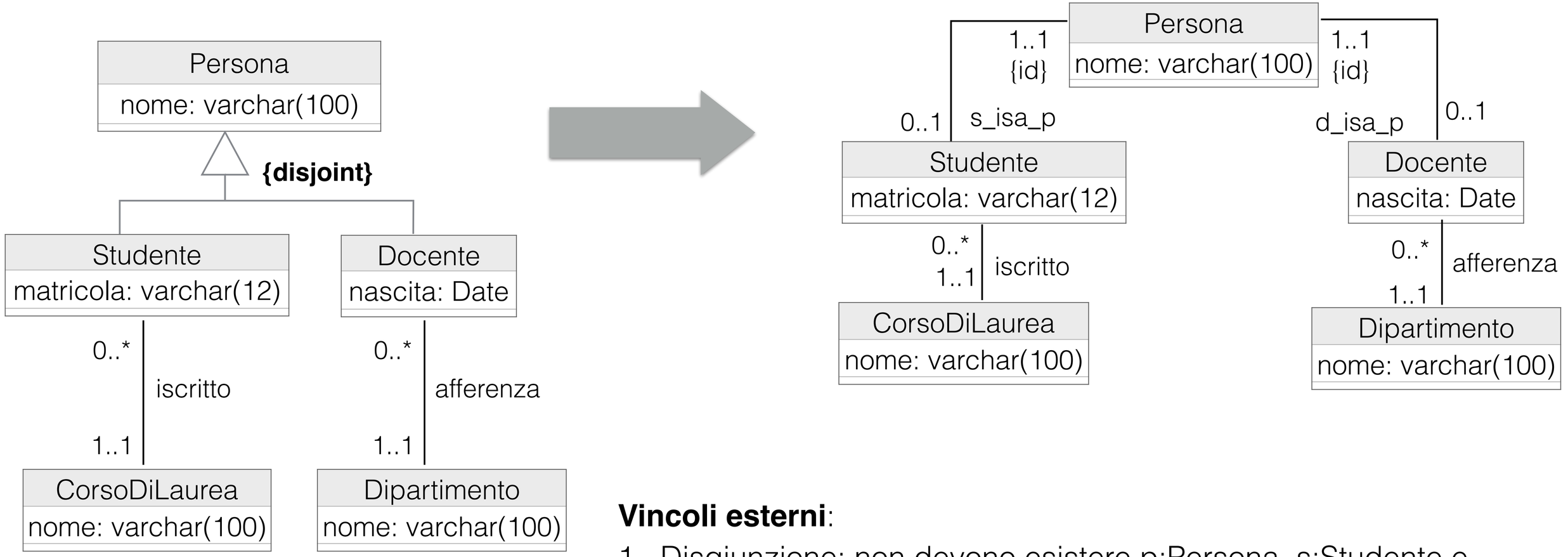
Ristrutturazione di relazioni is-a indipendenti o generalizzazioni non disgiunte e non complete





Struttura perfettamente mantenuta

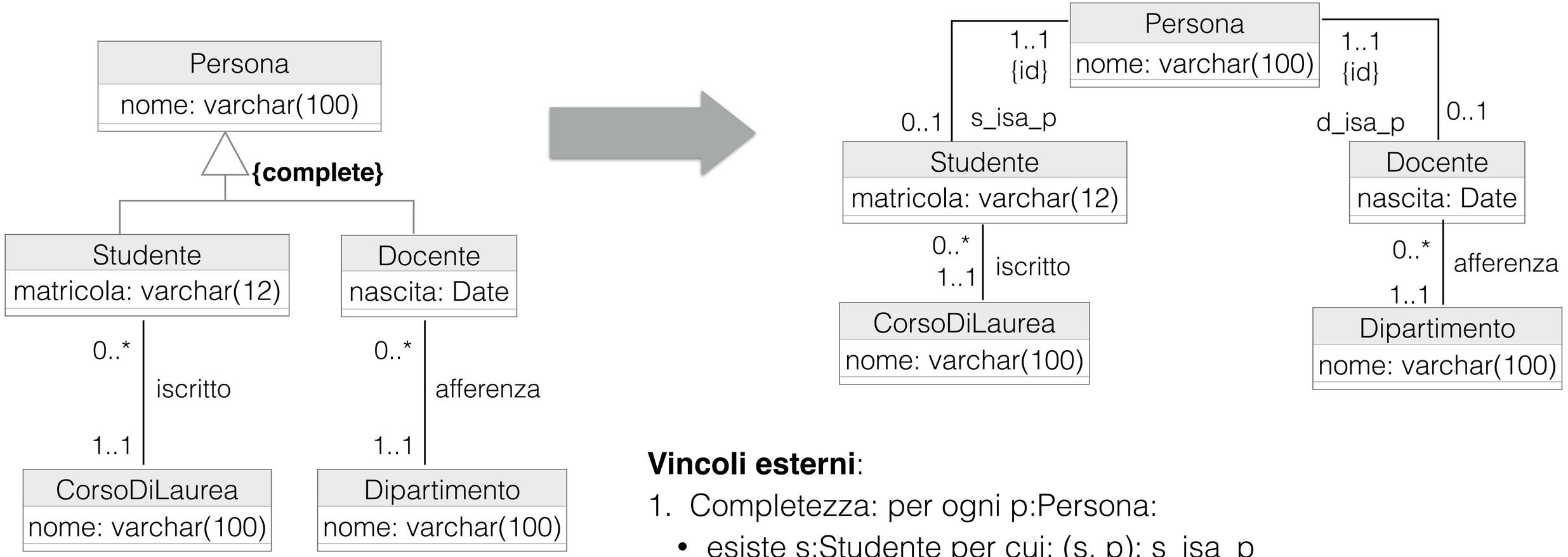
Ristrutturazione **in caso di sottoclassi disgiunte**



Vincoli esterni:

1. Disgiunzione: non devono esistere p:Persona, s:Studente e d:Docente tali che (s, p): s_isa_p e (d, p): d_isa_p

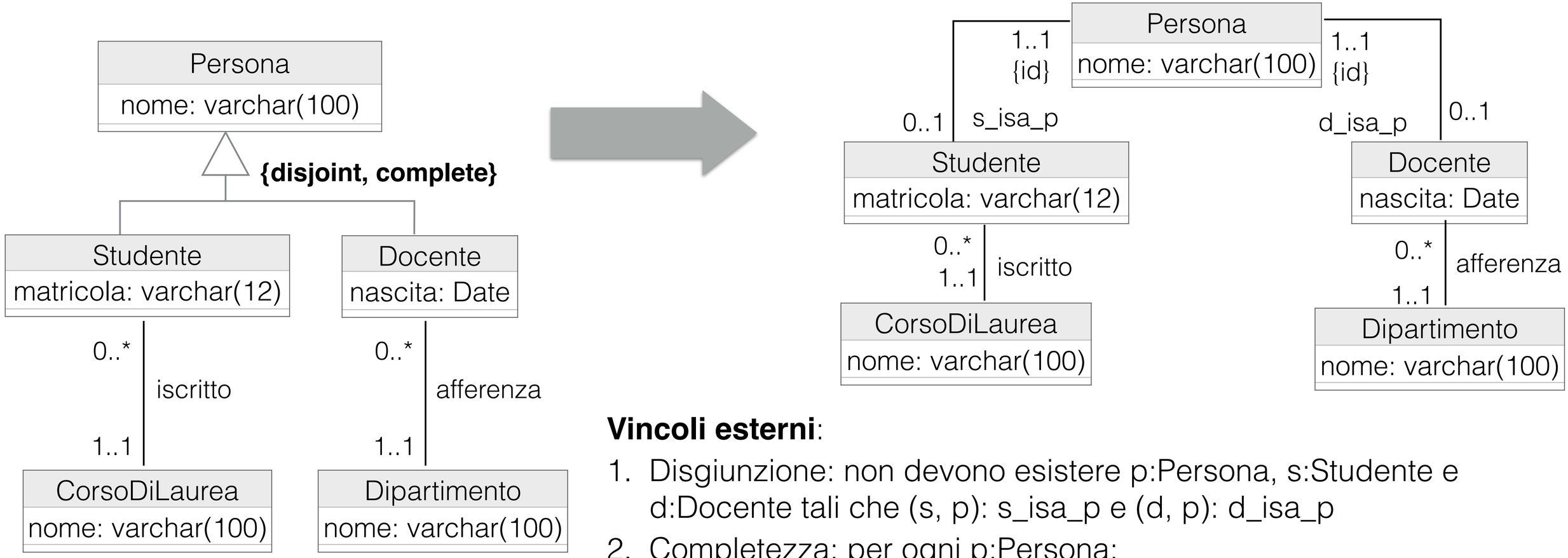
Ristrutturazione **in caso di sottoclassi complete**



Vincoli esterni:

1. Completezza: per ogni p:Persona:
   - esiste s:Studente per cui: (s, p): s_isa_p
   - oppure esiste d:Docente per cui: (d, p): d_isa_p

Ristrutturazione **in caso di sottoclassi disgiunte e complete**

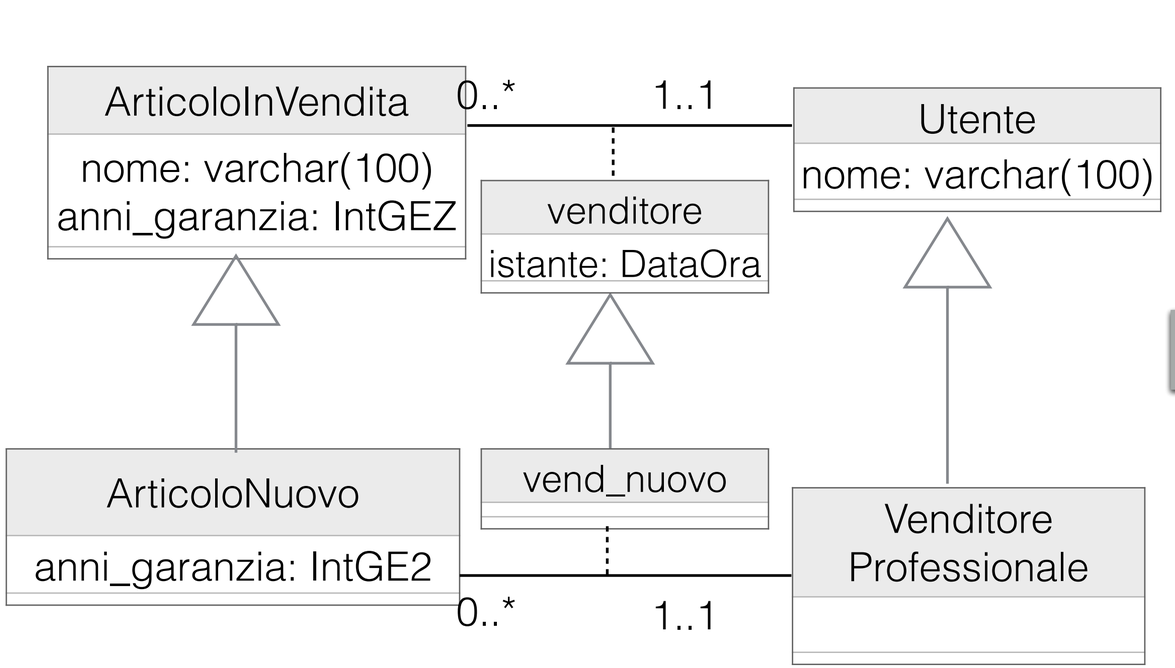


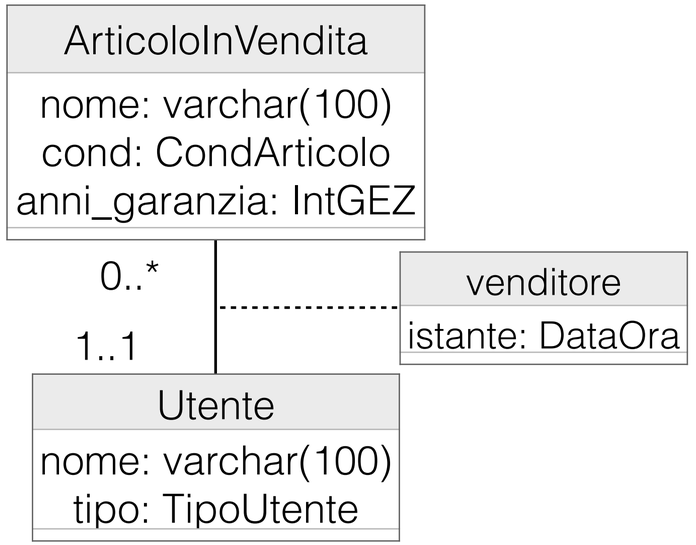
Vincoli esterni:

1. Disgiunzione: non devono esistere p:Persona, s:Studente e d:Docente tali che (s, p): s_isa_p e (d, p): d_isa_p
2. Completezza: per ogni p:Persona:
   - esiste s:Studente per cui: (s, p): s_isa_p
   - oppure esiste d:Docente per cui: (d, p): d_isa_p

Ristrutturazione delle generalizz. tra associazioni: fusione

Ristrutturazione **in caso le relazioni is-a tra classi siano state ristrutturate per fusione**





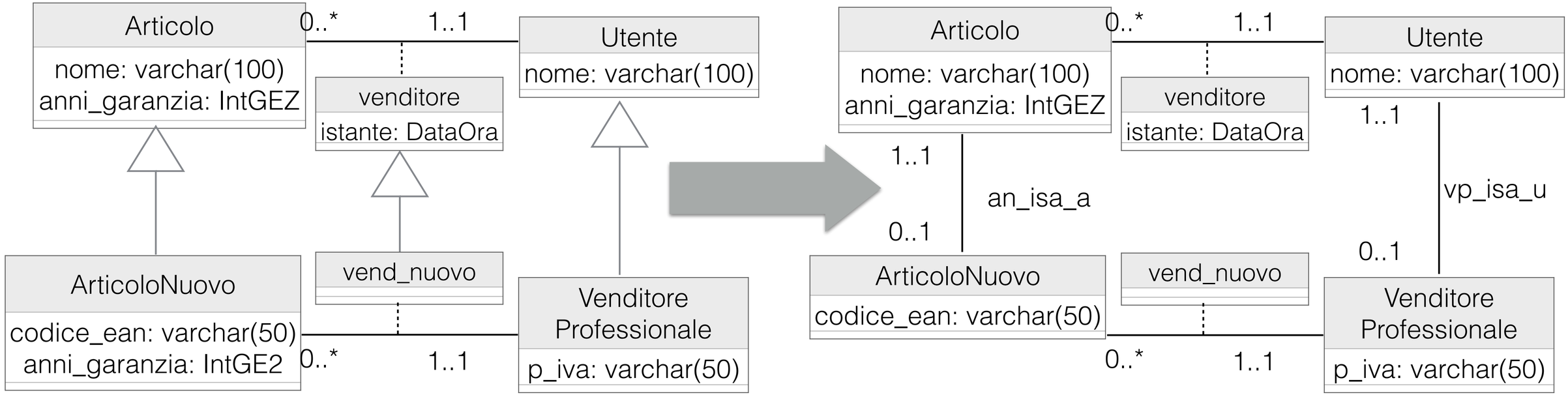

```
CREATE DOMAIN IntGEZ AS Integer
  (check value >= 0);
CREATE DOMAIN IntGE2 AS Integer
  (check value >= 2);
```

```
CREATE TYPE CondArticolo AS
  ENUM ('nuovo', 'usato');
CREATE TYPE TipoUtente AS
  ENUM ('privato', 'prof');
```

Vincoli esterni:

1. per ogni a:ArticoloInVendita:
   - se a.cond = 'nuovo' allora a.anni_garanzia >= 2
   - se a.cond = 'nuovo' allora il link (a,u):venditore nel quale 'a' è coinvolto è tale che u.tipo = 'prof'

Ristrutturazione **in caso le relazioni is-a tra classi siano state ristrutturate per sostituzione con associazioni**




```
CREATE DOMAIN IntGEZ AS Integer
  (check value >= 0);
CREATE DOMAIN IntGE2 AS Integer
  (check value >= 2);
```

Vincoli esterni:

1. per ogni an:ArticoloNuovo, l'istanza a:Articolo tale che (an, a):an_isa_a deve avere: a.anni_garanzia >= 2
2. per ogni an:ArticoloNuovo, a:Articolo, vp:VendProf, u:Utente tali che:
   - (an,vp): vend_nuovo, (an, a): an_isa_a, (vp, u): vp_isa_u

   deve essere: (a, u): venditore

Ristrutturazione delle generalizzazioni (cont.)

Al termine del passo di ristrutturazione delle generalizzazioni, tutte le classi e le associazioni del diagramma ristrutturato definiscono insiemi di istanze (oggetti o link) disgiunte a coppie

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali
Progettazione di basi dati relazionali
Produzione dello schema rel. con vincoli

Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

Identificatori di classe

Identificatori di classe

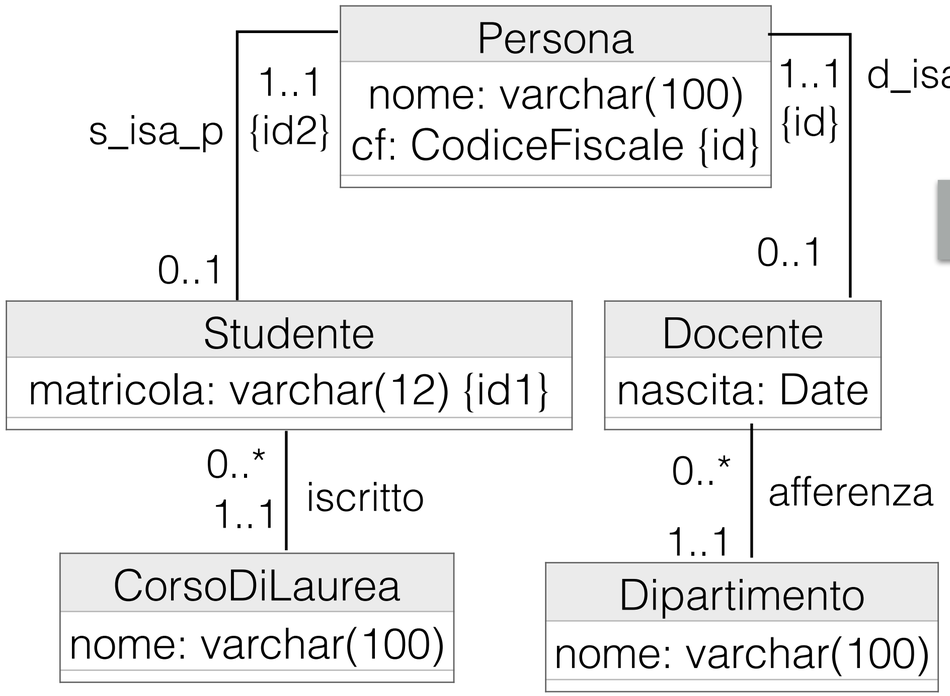
Obiettivo:

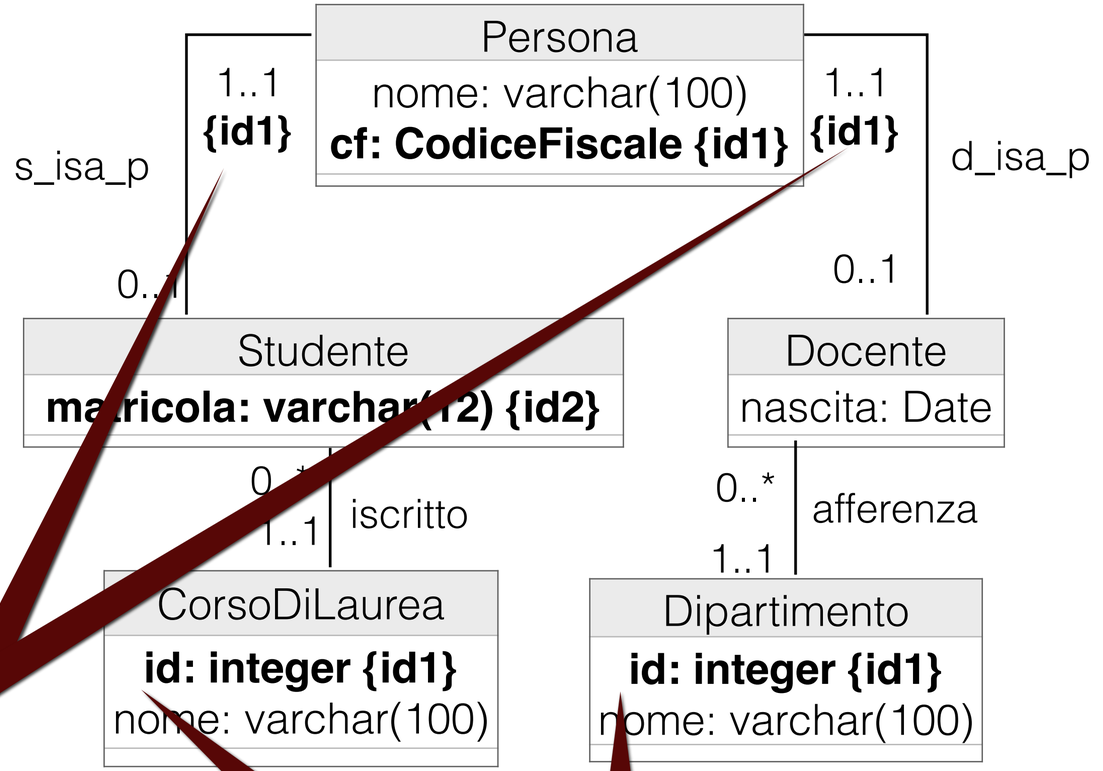
- Ristrutturare il diagramma UML concettuale delle classi in uno equivalente che **abbia almeno un identificatore per ogni classe**, che fungerà da chiave della futura tabella del DB, ed eleggere **un identificatore primario per ogni classe**, che lungherà da chiave primaria della futura tabella.

Metodologia:

- **Per ogni classe con identificatori concettuali**, decidere se uno tra quelli disponibili è di qualità sufficiente per formare una chiave primaria: non deve essere troppo complesso. Eleggerlo a identificatore primario.
- **Per ogni classe senza identificatori concettuali**, o per la quale non è stato scelto un identificatore primario al passo precedente, definire un **identificatore artificiale**.

Identificatori di classe (cont.)





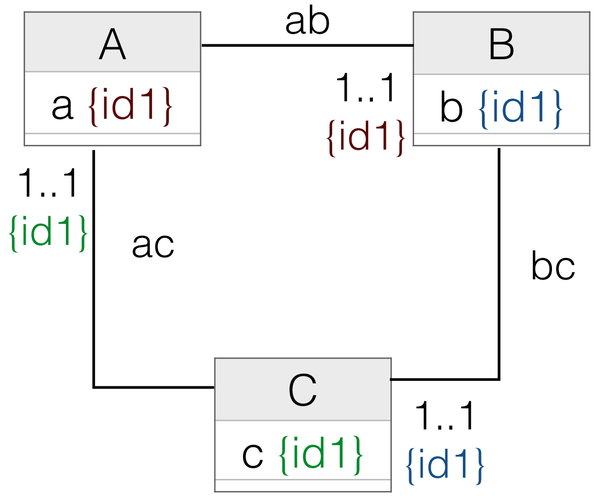
Per le classi che erano sotto-classi di generalizzazioni ristrutturate mediante sostituzione con associazioni, questo identificatore deve essere il primario

Identificatori artificiali, di nessuna rilevanza concettuale

Attributi e ruoli identificatori primari di una classe denotati con {id1}
Eventuali altri identificatori con {id2}, {id3}, etc.

Identificatori di classe (cont.)

- Controllare che non ci siano cicli di identificatori primari esterni

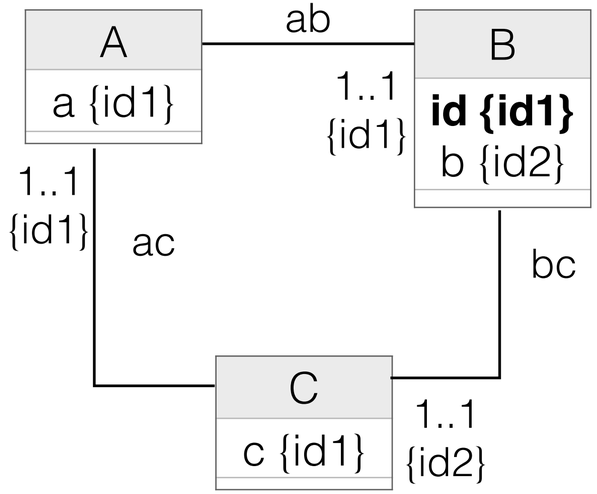


Ciclo di identificatori primari esterni:

- per identificare (id. primario) un oggetto di A serve il valore dell'attributo 'a' e un oggetto di B
- per identificare (id. primario) un oggetto di B serve il valore dell'attributo 'b' e un oggetto di C
- per identificare (id. primario) un oggetto di C serve il valore dell'attributo 'c' e un oggetto di …A (!)

Rompere cicli di identificatori primari esterni:

- scegliere la/le classi più opportuna/e ed eleggere per questa/e un altro identificatore (anche creandone uno artificiale)



Ristrutturazione delle generalizzazioni (cont.)

Al termine del passo di definizione degli identificatori di classi, tutte le classi hanno almeno un identificatore, ne hanno certamente uno primario, e gli identificatori primari esterni non formano cicli.

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali
Progettazione di basi dati relazionali
Produzione dello schema rel. con vincoli
Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

Specifica dei vincoli esterni

Vincoli esterni

Obiettivo:

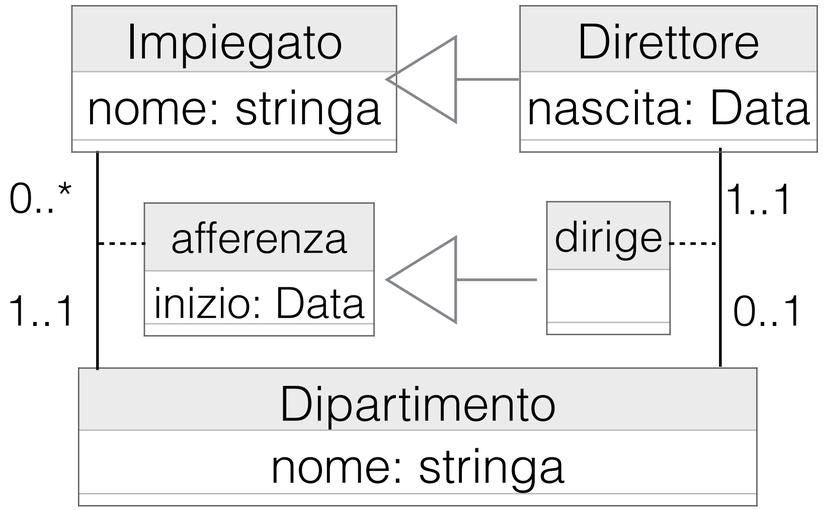
- Ristrutturare i vincoli esterni al diagramma UML concettuale delle classi in vincoli equivalenti sul diagramma UML delle classi ristrutturato.

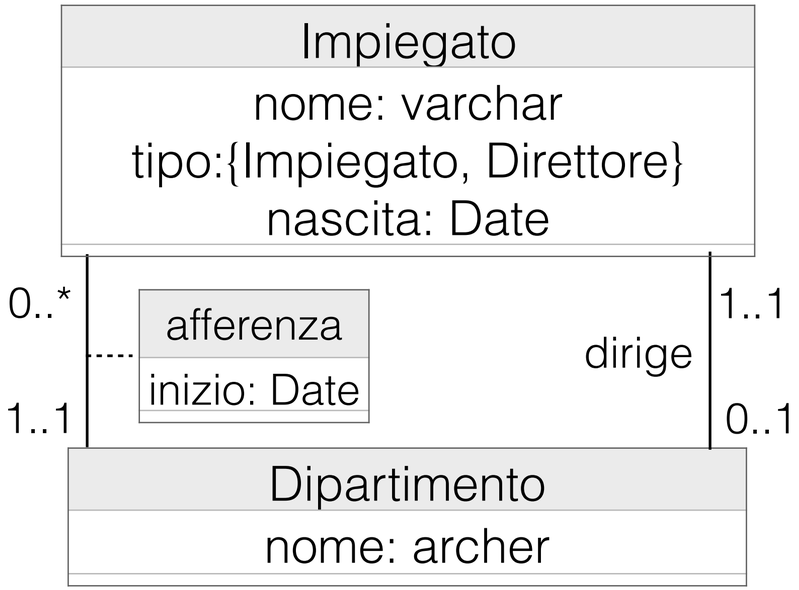
Metodologia:

- Aggiungere al documento di **specifica ristrutturata dei vincoli esterni** i vincoli esterni definiti, in fase di analisi, nelle specifiche concettuali delle classi e nella specifica concettuale dei vincoli esterni, opportunamente adattati alla struttura del diagramma UML delle classi ristrutturato.

Vincoli esterni (cont.)

Esempio:





Vincolo esterno:

I direttori devono afferire al dipartimento che dirigono da almeno 5 anni.

[V.Dipartimento.direttore_anni_afferenza]

Per ogni oggetto dip:Dipartimento, sia dir:Direttore il direttore di dip, ovvero tale che (dip, dir):dirige.
(Grazie alle due generalizzazioni, è anche vero che (dip, dir):afferenza)

Deve essere: (dir, dip).inizio <= adesso - 5 anni

Vincolo esterno:

[V.Dipartimento.direttore_anni_afferenza]

Per ogni oggetto dip:Dipartimento, sia dir:**Impiegato** il direttore di dip, ovvero tale che (dip, dir):dirige.
Deve essere:

1. **(dir, dip) è anche istanza della associazione "afferenza"**
2. (dir, dip).inizio <= adesso - 5 anni

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali
Progettazione di basi dati relazionali
Produzione dello schema rel. con vincoli
Ristrutturazione del diagramma UML delle classi

Specifica delle operazioni di classe e di use-case

Specifica delle operazioni di classe e di use-case

Obiettivo:

- Ristrutturare le specifiche concettuali di classi e di use-case in nuove specifiche equivalenti sul diagramma UML delle classi ristrutturato.

Metodologia:

- Ristrutturare la specifica di ogni operazione di classe, di ogni vincolo di classe, e di ogni operazione di use-case in modo da adattarla alla nuova struttura del diagramma UML delle classi ristrutturato.

Specifica delle operazioni di classe e di use-case (cont.)

Al termine del passo di ristrutturazione della specifica delle operazioni di classe, dei vincoli di classe e delle operazioni di use-case, tutti i documenti di specifica sono ora coerenti con la nuova struttura del diagramma UML delle classi ristrutturato.

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali
Progettazione di basi dati relazionali
Produzione dello schema rel. con vincoli

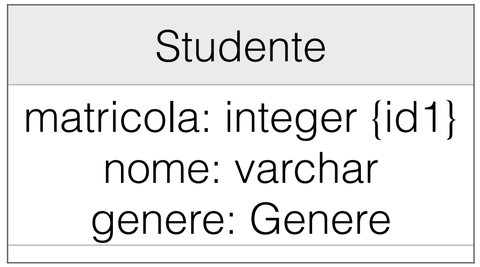
Traduzione diretta del diagramma UML delle classi ristrutturato

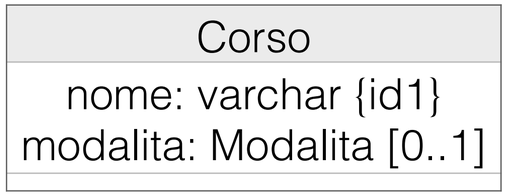
Traduzione diretta del diagramma UML delle classi ristrutturato

- **Obiettivo**: generare lo schema relazionale (con vincoli) per la base dati.
  - **Input**: diagramma delle classi UML ristrutturato e specifiche ristrutturate
  - **Output**: un insieme di tabelle relazionali con vincoli di integrità.

- **Metodologia:**
  - Ogni classe si traduce in una tabella relazionale
  - Ogni associazione si traduce in una tabella relazionale più vincoli di foreign key (oppure si accorpa nella tabella che traduce una delle classi coinvolte)
  - I vincoli di molteplicità dei ruoli di associazione si traducono in vincoli di chiave, foreign key, o in vincoli esterni (tipicamente, vincoli di inclusione più generale).

Traduzione diretta del diagramma UML delle classi ristrutturato: classi





Studente(<u>matricola:integer</u>, nome:varchar, genere:Genere)

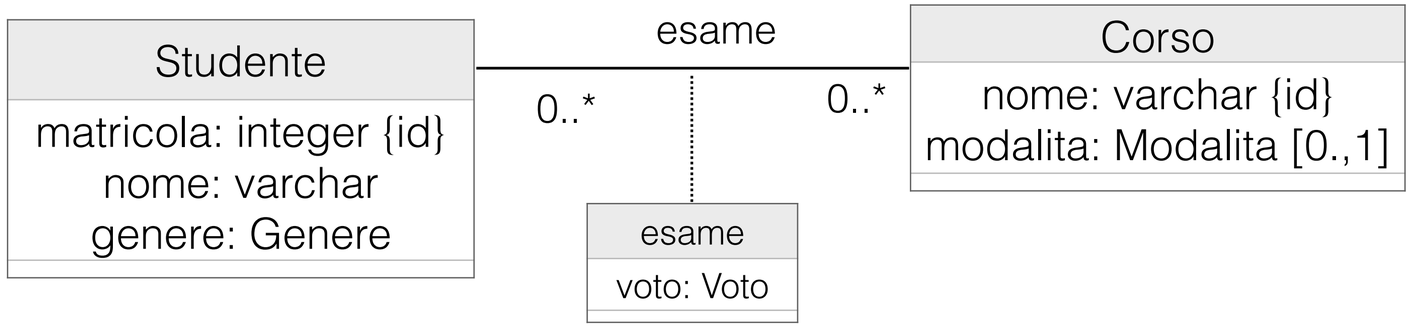
Corso(<u>nome:varchar</u>, modalita*: Modalita)

(*): può assumere valori NULL

```
CREATE TABLE Studente (
  matricola integer not null,
  nome varchar not null,
  genere Genere not null,
  primary key (matricola)
);

CREATE TABLE Corso (
  nome varchar not null,
  modalita Modalita, -- anche NULL
  primary key (nome)
);
```

Trad. diretta del diagr. UML delle classi ristr.: associazioni



Studente(matricola:integer, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(nome:varchar, modalita* Modalita)

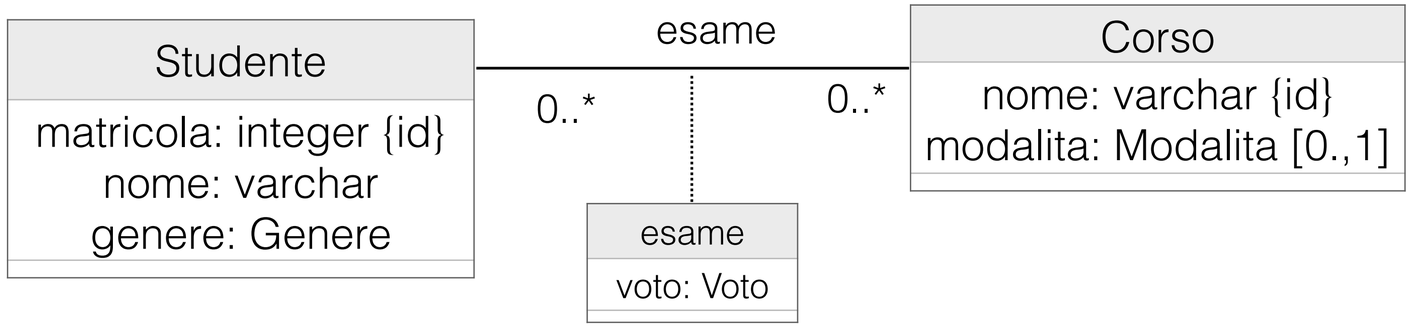
esame (studente:integer , corso:varchar, voto:Voto)

foreign key: studente ref. Studente(matricola)

foreign key: corso ref. Corso(nome)

(*): può assumere valori NULL

Trad. diretta del diagr. UML delle classi ristr.: associazioni



Studente(matricola:integer, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(nome:varchar, modalita* Modalita)

esame (studente:integer, corso:varchar, voto:Voto)

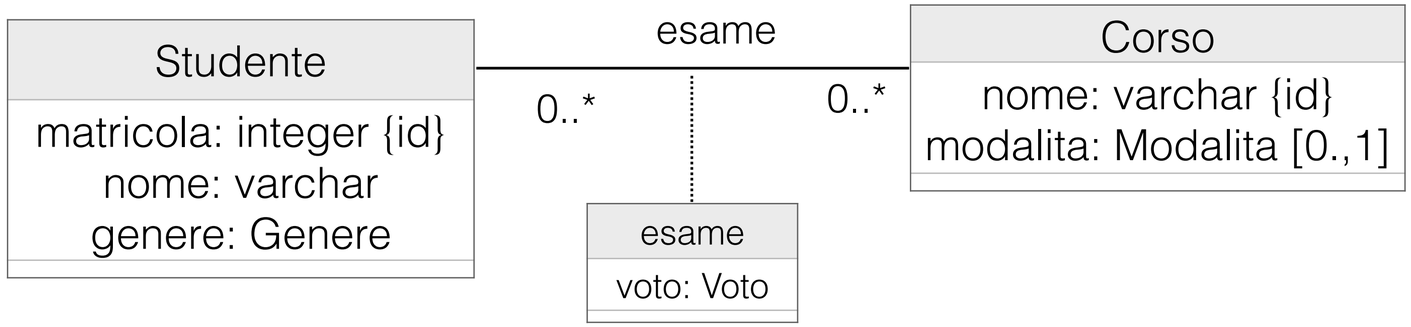
foreign key: studente ref. Studente(matricola)

foreign key: corso ref. Corso(nome)

Attributi uno-ad-uno con attributi di una chiave di Studente

(*): può assumere valori NULL

Trad. diretta del diagr. UML delle classi ristr.: associazioni



Studente(matricola:integer, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(nome:varchar, modalita* Modalita)

esame (studente:integer, corso:varchar, voto:Voto)

foreign key: studente ref. Studente(matricola)

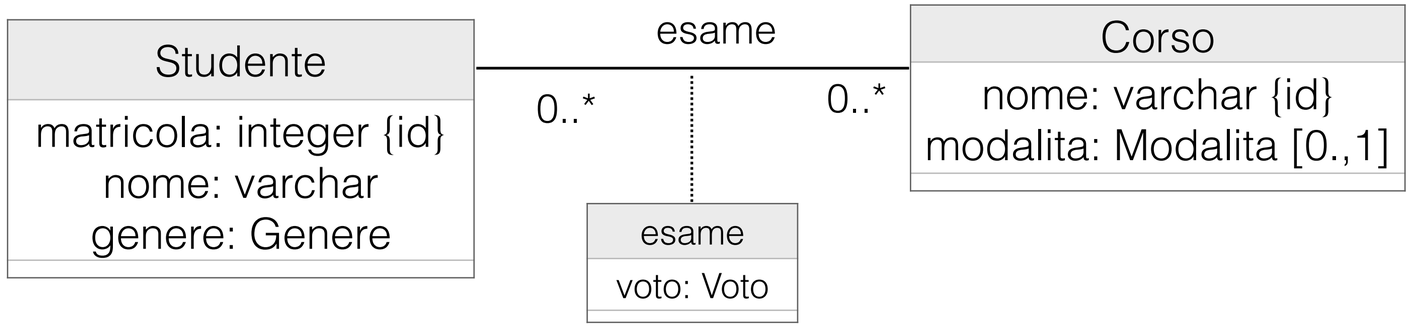
foreign key: corso ref. Corso(nome)

Attributi uno-ad-uno con attributi di una chiave di Studente

Attributi uno-ad-uno con attributi di una chiave di Corso

(*): può assumere valori NULL

Trad. diretta del diagr. UML delle classi ristr.: associazioni



Studente(matricola:integer, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(nome:varchar, modalita* Modalita)

esame (studente:integer, corso:varchar, voto:Voto)

foreign key: studente ref. Studente(matricola)

foreign key: corso ref. Corso(nome)

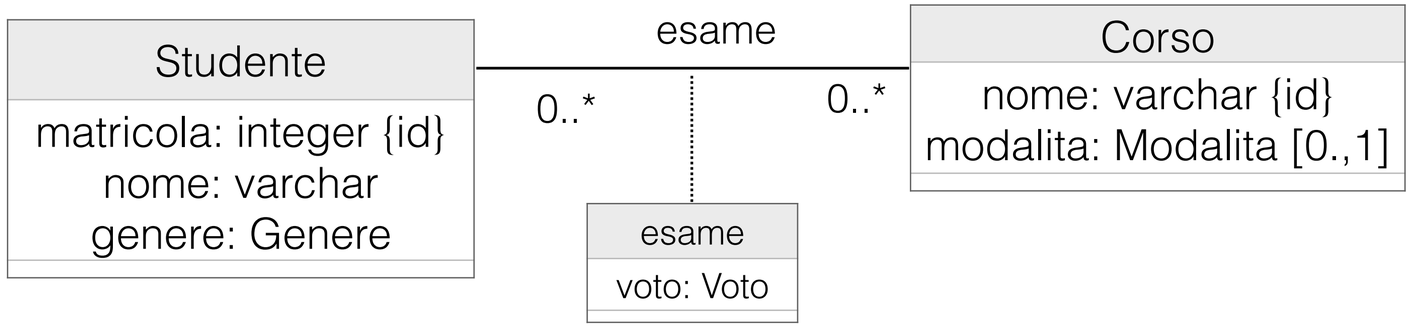
Attributi uno-ad-uno con attributi di una chiave di Studente

Attributi uno-ad-uno con attributi di una chiave di Corso

Tutti e soli gli attributi chiave primaria di 'esame'

(*): può assumere valori NULL

Trad. diretta del diagr. UML delle classi ristr.: associazioni



Studente(matricola:integer, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(nome:varchar, modalita* Modalita)

esame (studente:integer, corso:varchar, voto:Voto)

foreign key: studente ref. Studente(matricola)

foreign key: corso ref. Corso(nome)

Attributi uno-ad-uno con attributi di una chiave di Studente

Attributi uno-ad-uno con attributi di una chiave di Corso

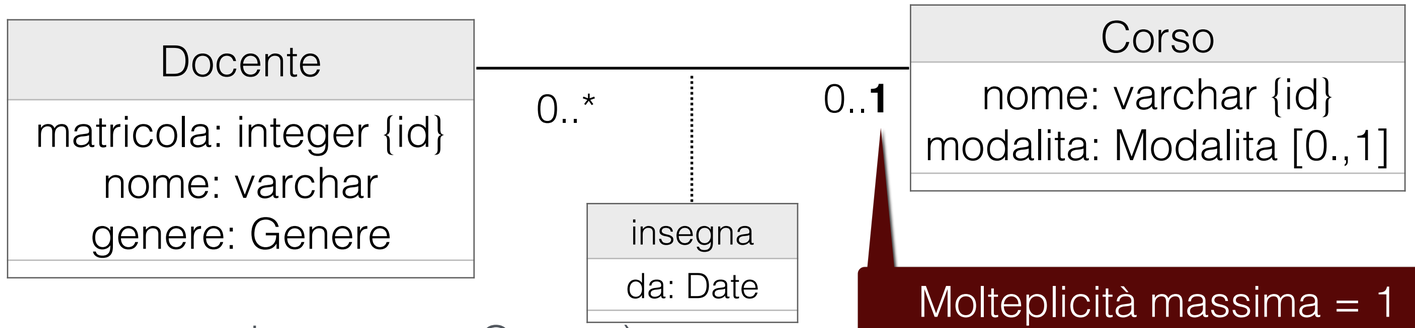
Tutti e soli gli attributi chiave primaria di 'esame'

(*): può assumere valori NULL

```
CREATE TABLE esame (
  studente integer not null,
  corso integer not null,
  voto Voto not null,
  primary key (studente, corso),

  foreign key (studente) references
       Studente(matricola),
  foreign key (corso) references
       Corso(nome)
);
```

Passo 1: Vincoli di molteplicità massima 1



Molteplicità massima = 1 —> Vincolo di integrità in 'insegna'

Docente(matricola:integer, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(nome:varchar, modalita*: Modalita)

insegna (docente:integer, corso:varchar, da:Date)

altra chiave: docente

foreign key: docente references Docente(matricola)

foreign key: corso references Corso(nome)

chiave primaria "inutilmente" lunga —> si accorcia

insegna (**docente:integer** , corso:varchar, da:Date)

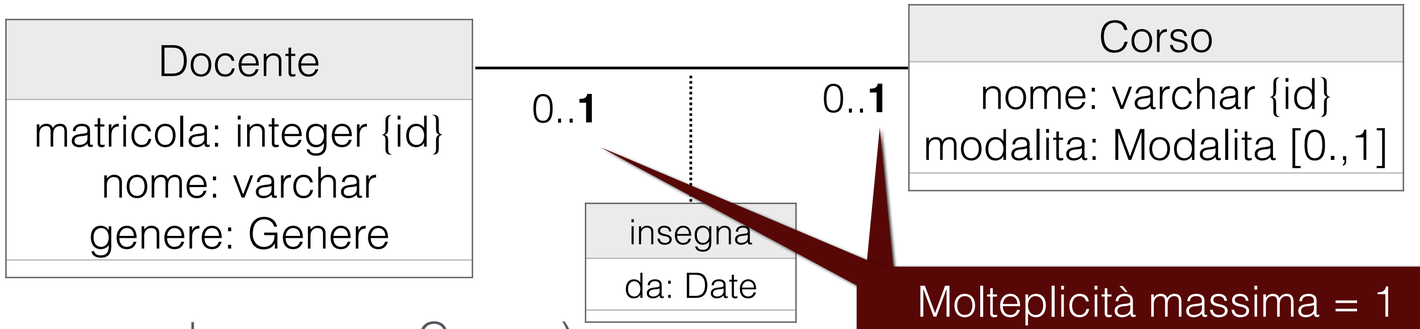
~~altra chiave: docente~~

foreign key: docente references Docente(matricola)

foreign key: corso references Corso(nome)

Traduz. dir. diagr. classi ristrutt.: vincoli di molt. massima (cont.)

Passo 1: Vincoli di molteplicità massima 1 (cont.)



Molteplicità massima = 1
—> Vincolo di integrità in 'insegna'

Docente(<u>matricola:integer</u>, nome:varchar, genere:Genere)
Corso(<u>nome:varchar</u>, modalita*: Modalita)

insegna (<u>docente:integer, corso:varchar</u>, da:Date)
altra chiave: corso
altra chiave: docente
foreign key: docente references Docente(matricola)
foreign key: corso references Corso(nome)

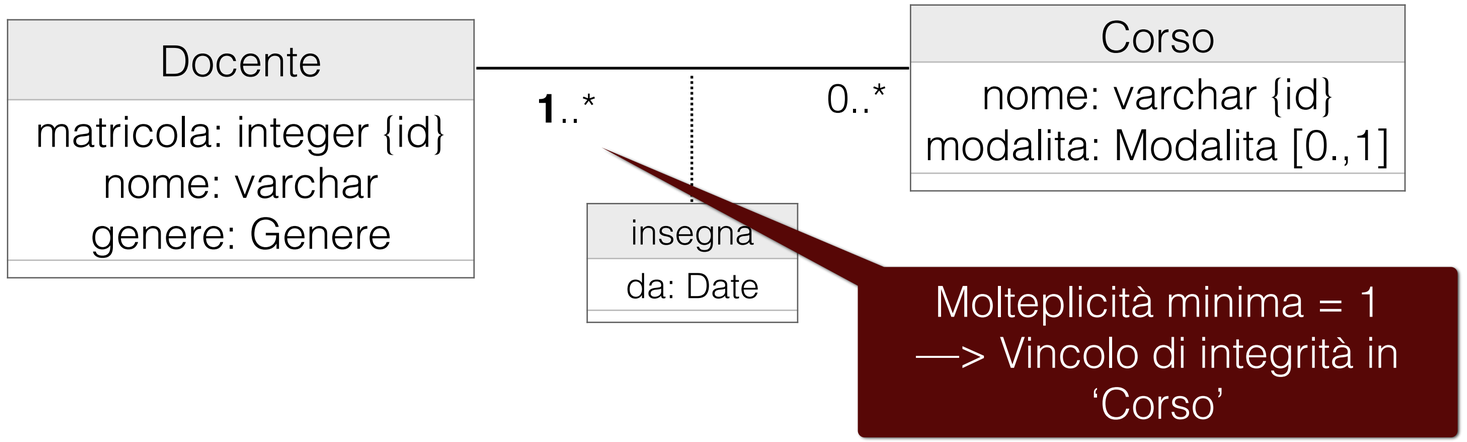
chiave primaria "inutilmente" lunga
—> si accorcia… in un modo o nell'altro

insegna (docente:integer, **<u>corso:varchar</u>**, da:Date)
~~altra chiave: corso~~
altra chiave: docente
foreign key: docente references Docente(matricola)
foreign key: corso references Corso(nome)

oppure

insegna (**<u>docente:integer</u>**, corso:varchar, da:Date)
altra chiave: corso
~~altra chiave: docente~~
foreign key: docente references Docente(matricola)
foreign key: corso references Corso(nome)

Passo 2: Vincoli di molteplicità minima 1



Docente(matricola:integer, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(nome:varchar, modalita*:Modalita)

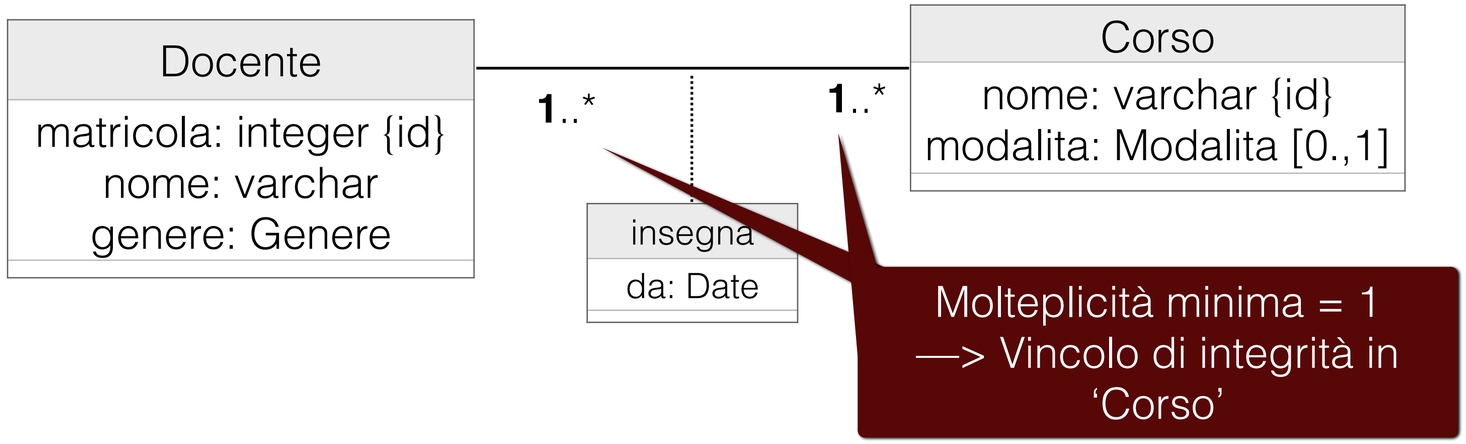
v. inclusione: Corso(nome) occorre in insegna(corso)

insegna (docente:integer, corso:varchar, da:Date)
foreign key: docente references Docente(matricola)
foreign key: corso references Corso(nome)

Vincolo di inclusione: generalizzazione di vincolo di foreign key, ma gli attributi della tabella di destinazione **non** formano una chiave.

I DBMS non offrono costrutti che lo implementano direttamente

Passo 2: Vincoli di molteplicità minima 1 (cont.)



Docente(<u>matricola:integer</u>, nome:varchar, genere:Genere)

v. inclusione: Docente(matricola) occorre in insegna(docente)

Corso(<u>nome:varchar</u>, modalita*: Modalita)

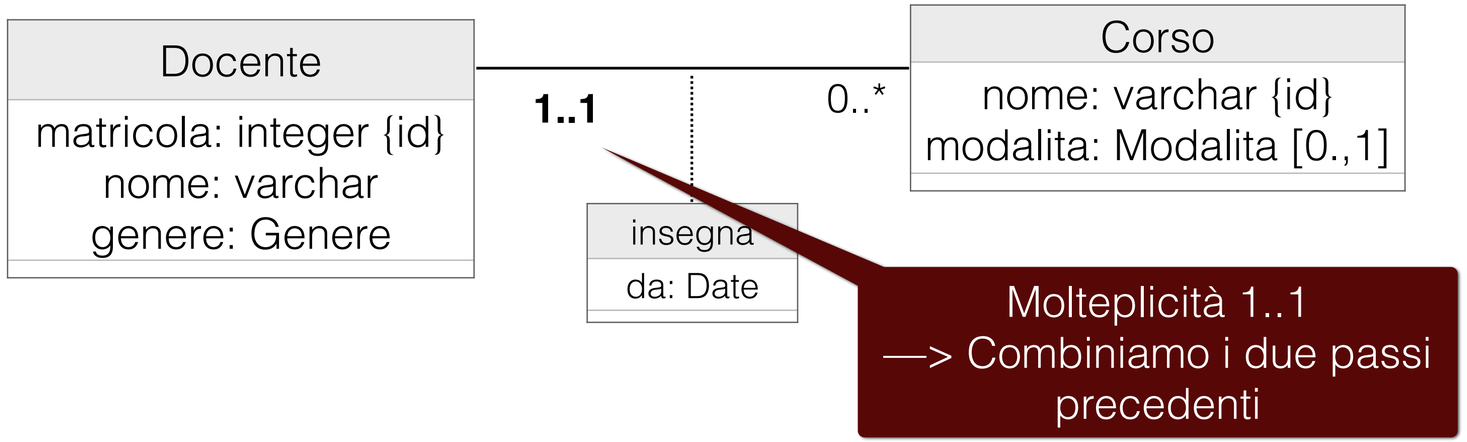
v. inclusione: Corso(nome) occorre in insegna(corso)

insegna(<u>docente:integer, corso:varchar</u>, da:Date)
foreign key: docente references Docente(matricola)
foreign key: corso references Corso(nome)

Vincolo di inclusione: generalizzazione di vincolo di foreign key, ma gli attributi della tabella di destinazione **non** formano una chiave.

I DBMS non offrono costrutti che lo implementano direttamente

Caso speciale: Vincoli di molteplicità 1..1



Docente(<u>matricola:integer</u>, nome:varchar, genere:Genere)

Corso(<u>nome:varchar</u>, modalita*: Modalita)

v. inclusione: Corso(nome) occorre in insegna(corso)

insegna (docente:integer, <u>corso:varchar</u>, da:Date)
foreign key: docente references Docente(matricola)
foreign key: corso references Corso(nome)

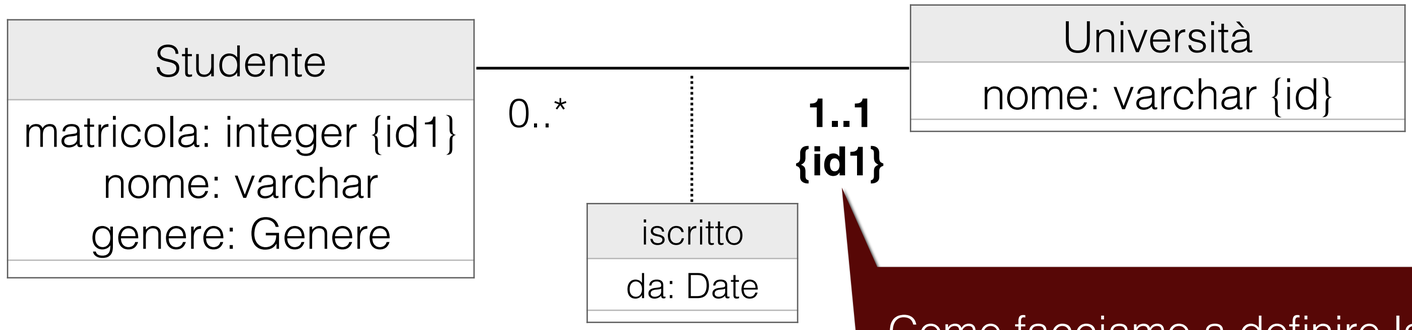
Vincolo di inclusione: in questo caso l'attributo 'corso' forma una chiave completa della tabella Corso.

Il vincolo di inclusione è implementabile tramite un vincolo di foreign key:

foreign key: Corso(nome) references insegna(corso)

Traduz. diretta del diagr. delle classi ristr.: accorpamenti

L'identificatore primario di Studente coinvolge un ruolo di associazione (ovviamente a molt. 1..1)



Come facciamo a definire la chiave primaria della tabella Persona?

Universita(<u>nome:varchar</u>)

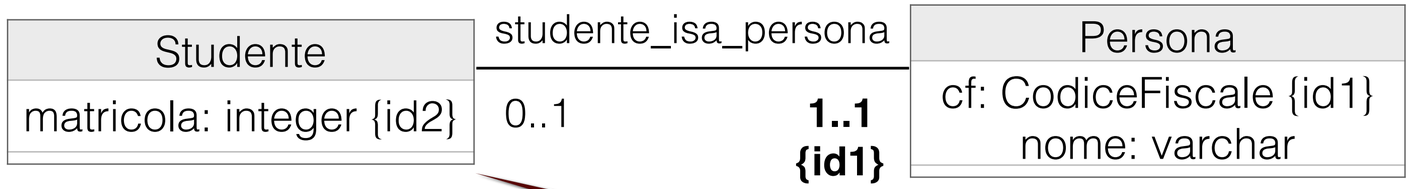
Studente(**<u>matricola:integer</u>**, nome:varchar, genere:Genere, **<u>universita:varchar</u>**, iscritto_da:Date)

foreign key: universita references Universita(nome)

Accorpamento: la tabella che implementa l'associazione 'iscritto' viene accorpata nella tabella che implementa la classe Studente
(nota: corrispondenza delle righe 1-1)

Traduz. diretta diagr. delle classi ristr.: accorpamenti (cont.)

Caso tipico: associazione che deriva da ristrutturazione di relazione is-a



Come facciamo a definire la chiave primaria della tabella Studente?

Persona(cf:CodiceFiscale, nome:varchar)

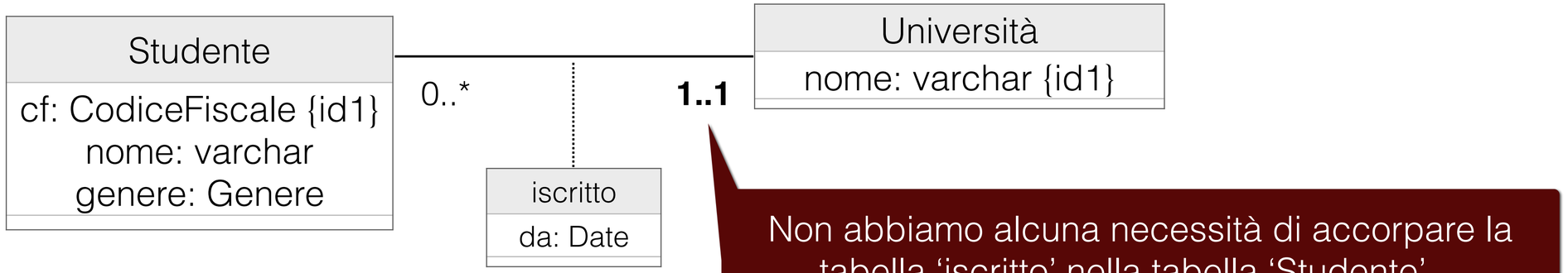
Studente(**persona:CodiceFiscale,** matricola:integer)

altra chiave: matricola

foreign key: persona references Persona(cf)

Traduz. dir. del diagr. delle classi ristr.: accorpamenti (cont.)

E' possibile procedere ad accorpamenti ogni volta che un'associazione ha un ruolo a molt. 1..1 o 0..1



Senza accorpamento

Universita(<u>nome:varchar</u>)

Studente(**<u>cf:CodiceFiscale</u>**, nome:varchar, genere:Genere)

v. inclusione: Studente(cf) occorre in iscritto(studente)

—> **foreign key: Studente(cf) references iscritto(studente)**

iscritto(**<u>studente:CodiceFiscale</u>**, universita:varchar)

foreign key: studente references Studente(cf)

foreign key: universita references Universita(nome)

Con accorpamento

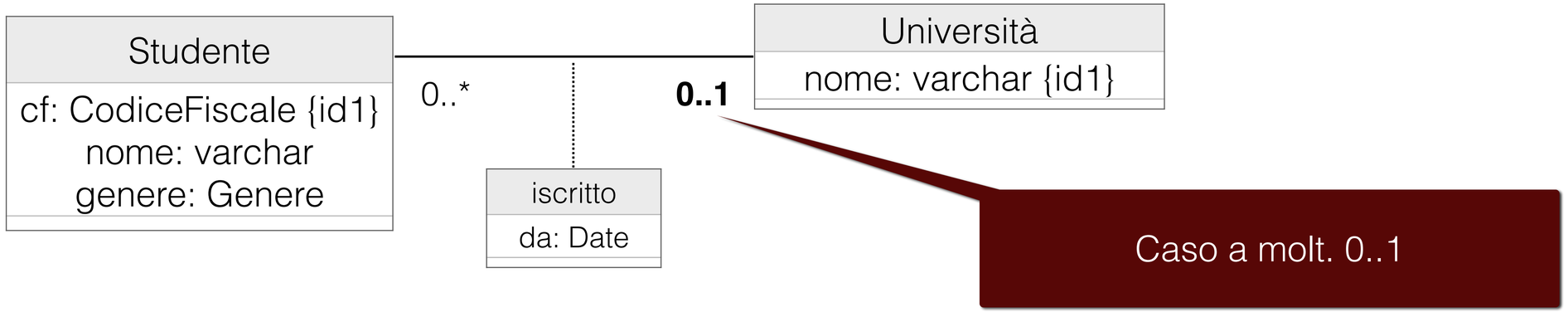
Universita(<u>nome:varchar</u>)

Studente(**<u>cf:CodiceFiscale</u>**, nome:varchar, genere:Genere, **universita:varchar**, iscritto_da:Date)

foreign key: universita references Universita(nome)

Traduz. diretta del diagr. delle classi ristr.: accorpamenti (cont.)

E' possibile procedere ad accorpamenti ogni volta che un'associazione ha un ruolo a molt. 1..1 o 0..1



Senza accorpamento

Universita(nome:varchar)

Studente(**cf:CodiceFiscale**, nome:varchar, genere:Genere)

~~v. inclusione: Studente(cf) occorre in iscritto(studente)~~

~~—> foreign key: Studente(cf) references iscritto(studente)~~

iscritto(**studente:CodiceFiscale**, universita:varchar)

foreign key: studente references Studente(cf)

foreign key: universita references Universita(nome)

Con accorpamento

Universita(nome:varchar)

Studente(**cf:CodiceFiscale**, nome:varchar, genere:Genere, **universita*:varchar**, iscritto_da*:Date)

foreign key: universita references Universita(nome)

v. ennupla: (universita is null) = (iscritto_da is null)

(*) può assumere valori NULL

ITC INFORMATION AND COMMUNICATIONS TECHNOLOGY ACADEMY

MODULO: BasiDati
UNITÀ: BD.1

Prof. Toni Mancini
Dipartimento di Informatica
Sapienza Università di Roma

Basi di dati relazionali

Progettazione di basi dati relazionali

Produzione dello schema rel. con vincoli

Vincoli esterni

Vincoli esterni allo schema relazionale

- **Obiettivo**: progettare come implementare, nel DBMS, ogni vincolo esterno.
  - **Input**: schema relazionale, vincoli esterni ristrutturati
  - **Output**: decisioni su come implementare i vincoli esterni

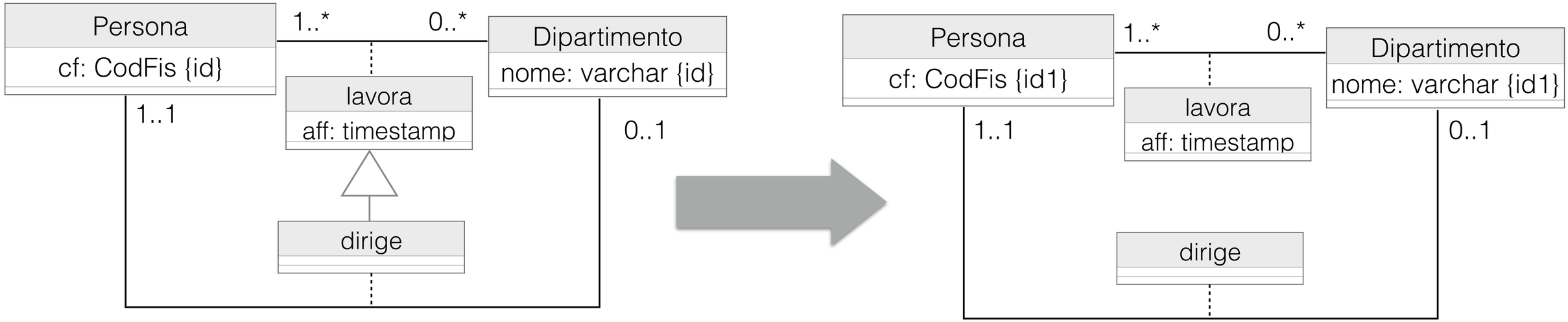
- **Metodologia:**

  - Utilizzare, ove possibile, i costrutti di unique, foreign key, e gli altri costrutti per imporre vincoli di integrità supportati dal DBMS in uso

  - Per tutti gli altri, definire opportuni **trigger**

    - **Trigger:** programma imperativo (in linguaggio proprietario del DBMS!) eseguito all'interno del DBMS che:
      - intercetta un evento (insert/update/delete di ennuple in una o più tabella)
      - esegue un controllo (codice imperativo con SQL immerso)
      - può sollevare un'eccezione per rifiutare l'operazione intercettata

Esempio: vincoli esterni allo schema relazionale



Vincolo esterno [V.dirige.isa_lavora]
Per ogni link (p:Persona,d:Dipartimento):dirige, si deve anche avere che (p,d):lavora

Definizione delle seguenti relazioni con vincoli:

Persona(cf:CodFis)

Dipartimento(id:integer, nome:varchar)
VincoloDB: inclusione: id ⊆ dirige(dip)
VincoloDB: inclusione: id ⊆ lavora(dip)

Implementable come foreign key, perché dirige(dip) è chiave

Può essere ignorato, perché è implicato dagli altri

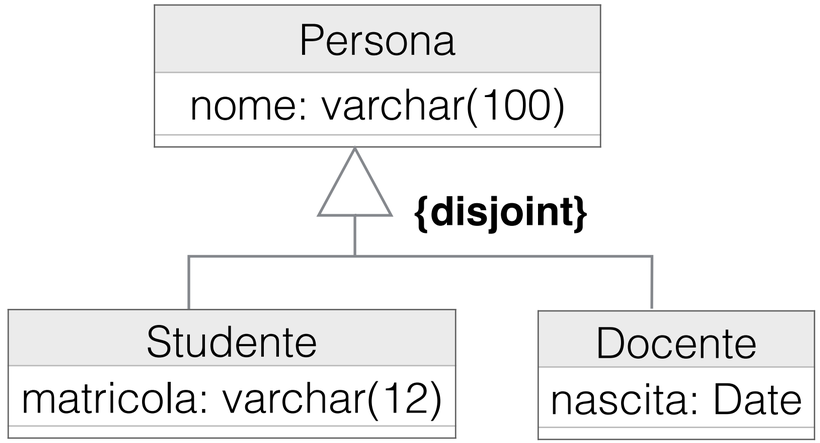
lavora(dip:integer, persona:CodFis)
VincoloDB: foreign key: persona references Persona(cf)
VincoloDB: foreign key: dip references Dipartimento(id)

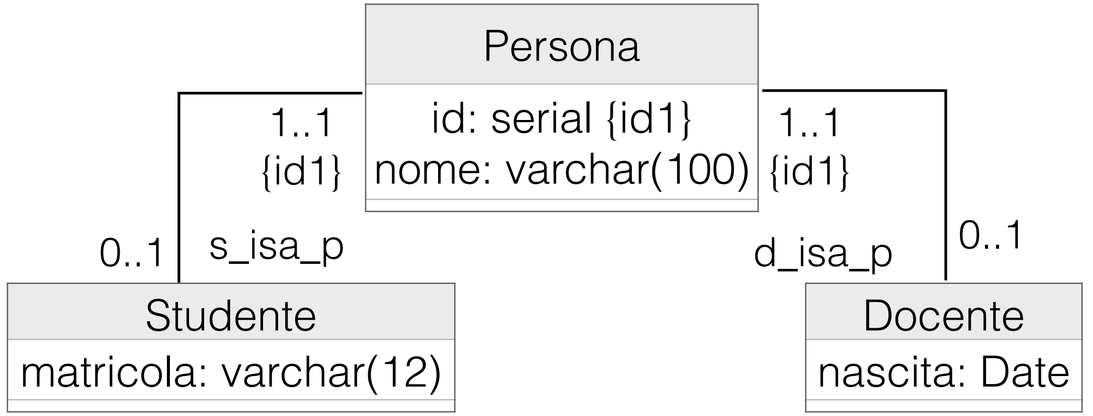
dirige(dip:integer, persona:CodFis)
VincoloDB: inclusione: (dip, persona) ⊆ lavora(dip, persona)
VincoloDB chiave: persona

Implementabile come foreign key, perché lavora(dip, persona) è chiave

Esempio 1: vincoli esterni allo schema relazionale

Come implementare invece questo vincolo esterno?



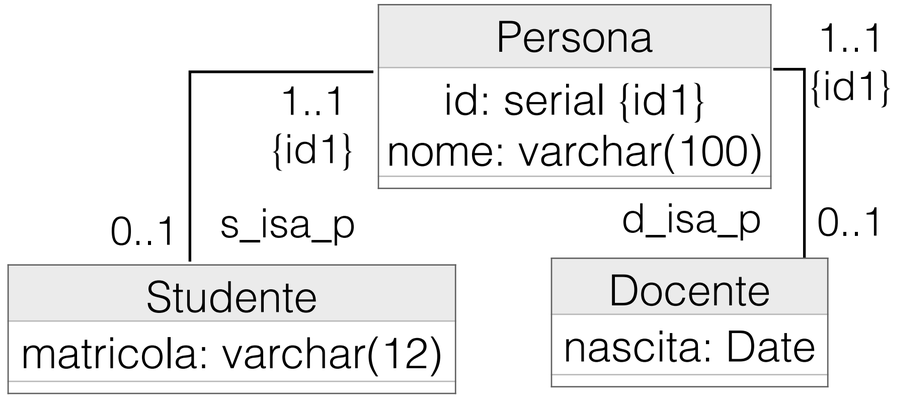


Vincolo esterno [V.Persona.gen.disj]

Non devono esistere p:Persona, s:Studente e d:Docente tali che (s, p): s_isa_p e (d, p): d_isa_p

Non è implementabile tramite primary key, unique, foreign key, check (il costrutto check permette la definizione di soli vincoli di ennupla)

Esempio 1: progettazione di vincoli esterni mediante trigger



Vincolo esterno [V.Persona.gen.disj]

Non devono esistere p:Persona, s:Studente e d:Docente tali che (s, p): s_isa_p e (d, p): d_isa_p

Quali sono gli eventi che possono portare un DB legale a diventare illegale?

Quando invocare la funzione? Appena prima o appena dopo aver effettuato l'operazione (su DB prima o dopo la modifica).

Pseudocodice della funzione con SQL immerso. Argomenti:
- old (solo per UPDATE e DELETE): ennupla da cancellare/ cancellata o da modificare/prima della modifica
- new (solo per INSERT e UPDATE): ennupla da inserire/inserita o a valle della modifica

- Persona(id:serial, nome:varchar(100))
- Studente(persona:integer, matricola:varchar(12)) // accorpa s_isa_p
  foreign key persona references Persona(id)
- Docente(persona:integer, nascita:date) // accorpa d_isa_p
  foreign key persona references Persona(id)

Progetto del trigger V.Persona.gen.disj

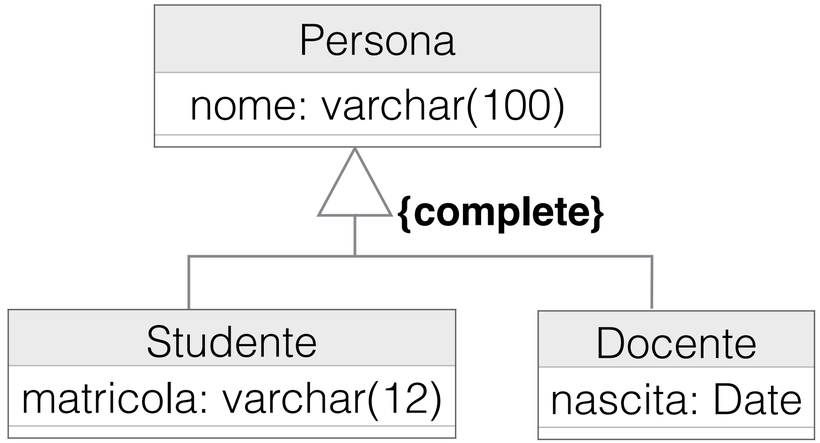
Operazioni da intercettare: INSERT o UPDATE in Studente o Docente
Quando invocare la funzione: dopo l'operazione intercettata
Funzione(old, new):

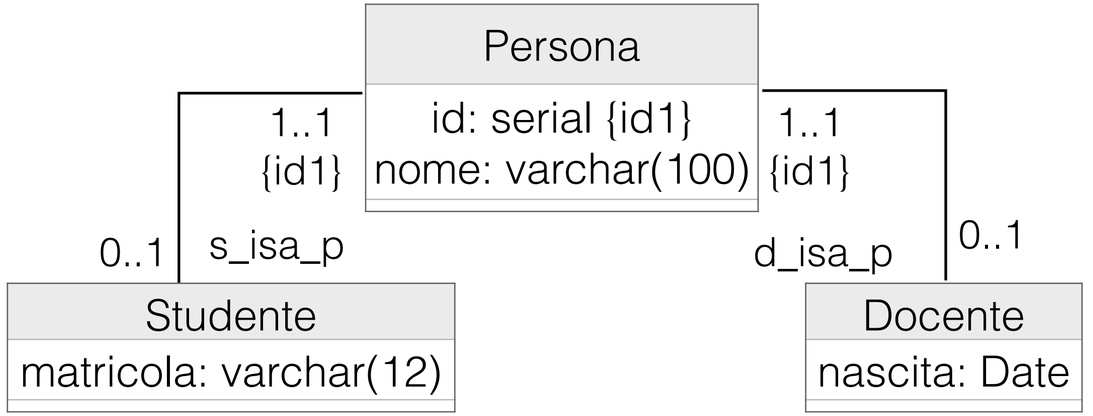
- Sia isError = EXISTS(
  SELECT *
  FROM Studente s, Docente d
  WHERE s.persona = new.persona
  AND d.persona = new.persona
)
- Se isError = TRUE solleva eccezione "INSERT/UPDATE viola il vincolo"
- Altrimenti, permetti l'operazione

Perché non vanno intercettati i tentativi di INSERT o UPDATE in Persona?

Esempio 2: vincoli esterni allo schema relazionale

Come implementare invece questo vincolo esterno?





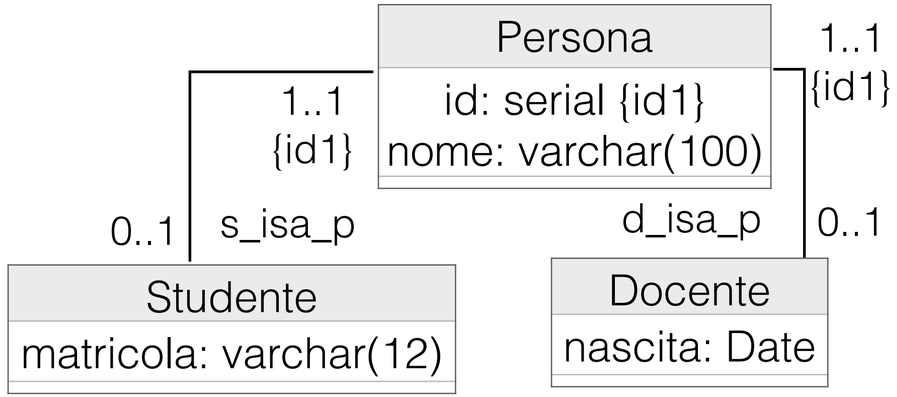
Vincolo esterno [V.Persona.gen.compl]

Per ogni p:Persona:

- esiste s:Studente per cui (s, p):s_isa_p oppure
- esiste d:Docente per cui (d, p):d_isa_p

Non è implementabile tramite primary key, unique, foreign key, check (il costrutto check permette la definizione di soli vincoli di ennupla)

Esempio 1: progettaz. di vincoli esterni mediante trigger e politiche di accesso



Vincolo esterno [V.Persona.gen.compl]

Per ogni p:Persona:

- esiste s:Studente per cui (s, p):s_isa_p oppure
- esiste d:Docente per cui (d, p):d_isa_p

Schema relazionale della base dati

- Persona(id:serial, nome:varchar(100))
- Studente(persona:integer, matricola:varchar(12))
  // accorpa s_isa_p
  foreign key persona references Persona(id)
- Docente(persona:integer, nascita:date)
  // accorpa d_isa_p
  foreign key persona references Persona(id)

Una strategia più avanzata per il progetto del vincolo V.Persona.compl

1. **Politiche di accesso ai dati**: non permettere ad alcun utente di cambiare gli id artificiali

2. **Trigger V_Persona_gen_compl_1_persona**:
   - quando deve scattare: subito dopo INSERT(new) in Persona
   - controllo da effettuare: new.id deve occorrere in Studente(persona) o Docente(persona):
     se NOT EXISTS (
       SELECT persona FROM Studente WHERE persona = new.id
       UNION
       SELECT persona FROM Docente WHERE persona = new.id
) solleva eccezione, altrimenti permetti l'operazione.

3. **Trigger V_Persona_gen_compl_2_[studente I docente]**:
   - quando deve scattare: subito dopo DELETE(old) in Studente o Docente
   - controllo da effettuare: se old.id è in Persona, deve occorrere in Docente(persona) o Studente(persona)
     se EXISTS(SELECT *
       FROM (Persona p LEFT OUTER JOIN Studente s ON p.id = s.persona)
         LEFT OUTER JOIN Docente d ON p.id = d.persona
       WHERE p.id = old.persona
         AND (s.persona IS NULL) AND (d.persona IS NULL)
) allora solleva eccezione, altrimenti permetti l'operazione.

Nota: grazie ad 1., non dobbiamo intercettare gli update (innocui).

Esempio 1: progettazione di vincoli esterni mediante trigger (cont.)

Implementazione:

-- 1. Politiche di accesso ai dati: non permettere ad alcun utente di cambiare gli id artificiali

REVOKE UPDATE (id) ON Persona FROM PUBLIC;
REVOKE UPDATE (persona) ON Studente FROM PUBLIC;
REVOKE UPDATE (persona) ON Docente FROM PUBLIC;

Esempio 1: progettazione di vincoli esterni mediante trigger (con...

Implementazione:

```
-- 2. Trigger compl_1 per INSERT into Persona
create or replace function V_Persona_gen_compl_1() returns trigger as $V_Persona_gen_compl_1$
	-- la funzione vedrà 'new' come argomento
declare isError boolean := false;
begin
	isError = NOT EXISTS (
		SELECT persona FROM Studente WHERE persona = new.id
		UNION ALL
		SELECT persona FROM Docente WHERE persona = new.id
	);
	if (isError) then raise exception 'Vincolo V_Persona_gen_compl_1 violato (persona.id=%)', new.id;
	end if;
	return new; -- lascia passare la ennupla; in realtà il valore di ritorno per i trigger ‘after’ è ignorato, non lo sarebbe per i trigger ‘before’
end; $V_Persona_gen_compl_1$ language plpgsql;

create constraint trigger V_Persona_gen_compl_1_persona
after insert on Persona
deferrable  -- affinché sia deferrable, il trigger deve essere di tipo ‘constraint’
for each row execute procedure V_Persona_gen_compl_1();
```

Esempio 1: progettazione di vincoli esterni mediante trigger (con...

Implementazione:

```
-- 3. Trigger compl_2 per DELETE from Studente or Docente
create or replace function V_Persona_gen_compl_2() returns trigger as $V_Persona_gen_compl_2$
        -- la funzione vedrà 'old' come argomento
declare     isError boolean := false;
begin
        isError := EXISTS(
                SELECT * FROM (Persona p LEFT OUTER JOIN Studente s ON p.id = s.persona) LEFT OUTER JOIN Docente d ON p.id = d.persona
                WHERE p.id = old.persona AND (s.persona IS NULL) AND (d.persona IS NULL)
        );
        if (isError) then raise exception 'Vincolo V_Persona_isa_compl_2 violato (persona=%)', old.persona;
        end if;
        return old; — il valore di ritorno per i trigger ‘after’ è ignorato, non lo è per i trigger ‘before’
end;$V_Persona_gen_compl_2$ language plpgsql;

create constraint trigger V_Persona_gen_compl_2_studente
after delete on Studente
deferrable for each row execute procedure V_Persona_gen_compl_2();

create constraint trigger V_Persona_gen_compl_2_docente
after delete on Docente
deferrable for each row execute procedure V_Persona_gen_compl_2();
```

Esempio 1: progettazione di vincoli esterni mediante trigger (cont.)

Test:

Data la presenza dell'attributo id:serial in Persona, abbiamo bisogno di ottenere il valore per 'id' generato dal DBMS all'atto dell'inserimento di una ennupla in Persona (INSERT … RETURNING) e di salvarlo in una variabile locale.

Questo può essere fatto usando un blocco di codice SQL anonimo:

```
begin transaction;
DO $$ — blocco di codice anonimo (senza dover creare una FUNCTION)
 declare _id integer;
begin
      insert into Persona(nome) values ('Carlo') returning id into _id;
      insert into Studente(persona, matricola) values (_id, 'uni-carlo-00123');
end$$;
commit;
```

Esercizio: provare ad effettuare inserimenti o cancellazioni che violerebbero i vincoli.

Esercizio:

Valutare attentamente come ottimizzare la strategia di controllo dei vincoli esterni dei progetti svolti, sfruttando il combinato disposto di:

- Restrizioni nella possibilità di modifiche ai dati, mediante politiche di accesso (REVOKE)
- Trigger che utilizzano function comuni (minimizzando il codice da scrivere)

In particolare, il caso frequente di generalizzazione disjoint & complete si presta ad interessanti ottimizzazioni (da scoprire!)

Osservazione 1: possiamo valutare l'opportunità di ridurre i gradi di libertà degli utenti quando inseriscono o modificano ennuple. Ad esempio, potrebbe essere ragionevole:

1. impedire l'update di alcuni attributi (ad es., gli id artificiali, come abbiamo visto)
2. impedire del tutto alcuni UPDATE, forzando gli utenti ad eseguire DELETE + INSERT (per operazioni non critiche)

Osservazione 2: un sistema che implementa i vincoli esterni basandosi sulle restrizioni delle politiche di accesso è intrinsecamente **più fragile** di uno che garantisce che il vincolo sia soddisfatto a valle di qualsivoglia evento, anche quelli impediti (spesso è complicato impedire alcune operazioni a tutti gli utenti, anche agli amministratori). È bene che il progettista valuti **caso per caso**.