



Laboratorio d'Informatica

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria per
l'Ambiente e il Territorio

A.A. 2021/2022

Docente: Lorenzo Putzu

Lezione 11

Basi Di Dati

E' vietata la copia, la rielaborazione, la riproduzione in qualsiasi forma dei contenuti e immagini presenti nelle lezioni. E' inoltre vietata la diffusione, la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini, incluse le registrazioni delle videolezioni con qualsiasi modalità e mezzo non autorizzate espressamente dall'autore o da Unica



IL MODELLO LOGICO RELAZIONALE

Esempio

- L'azienda XYZ è organizzata in dipartimenti: ognuno ha un nome e un codice numerico univoci, una o più sedi (ognuna in una diversa città), ed è diretto da uno dei dipendenti a partire da una certa data
- Ogni dipartimento controlla un insieme di progetti: ogni progetto ha un nome e un codice numerico univoci e viene gestito da una delle sedi di un singolo dipartimento
- Ogni impiegato ha nome, cognome, sesso, data di nascita, CF, indirizzo (città, via, numero), stipendio annuale, supervisore (un altro impiegato), e un dipartimento di appartenenza; può lavorare su uno o più progetti (anche gestiti da altri dipartimenti), a ciascuno dei quali dedica un certo numero di ore settimanali
- Per scopi assicurativi ogni impiegato può avere familiari a carico, dei quali si memorizza nome e cognome, sesso, data di nascita, e rapporto di parentela con l'impiegato (si assume che non possano esistere due familiari omonimi di uno stesso impiegato, con la stessa data di nascita)

Esempio

- Il corso di laurea in ABC eroga diversi insegnamenti che hanno un nome (es.: Analisi Matematica 1), un codice univoco di cinque caratteri assegnato dalla segreteria studenti, e un numero di crediti
- Al corso di laurea possono essere iscritti diversi studenti. Per ogni iscritto si vogliono memorizzare nome, cognome, codice fiscale, data di nascita e numero di matricola (una sequenza di cinque caratteri che identifica univocamente ogni studente)
- Ogni studente ha un proprio piano di studi
- Per ogni esame superato da ogni studente si vogliono conoscere il voto (un intero tra 18 e 30, oppure 30 e lode) e la data; un esame superato non può essere ripetuto

Il modello logico relazionale

- Ideato negli anni '70 è tuttora il **modello** più utilizzato per rappresentare i database
- Fondamenti: teoria degli insiemi.
- Componenti:
 - **base di dati relazionale**: insieme di tabelle (*relazioni*) identificate da un nome univoco
 - **tabella**: insieme di **righe** (*record*, "*tuple*"), suddivise in un insieme di **colonne** (*campi*, *attributi*) identificate da un nome univoco; ogni riga contiene dati su un elemento di un dato insieme; l'ordine delle righe e delle colonne non è definito; non possono esistere righe identiche
 - **valori** di ogni colonna: appartengono a un **dominio**

Esempio

Studenti

| <i>Matricola</i> | <i>Codice Fiscale</i> | <i>Cognome</i> | <i>Nome</i> | <i>Data di nascita</i> |
|------------------|-----------------------|----------------|-------------|------------------------|
| 00001 | RSSMRA... | Rossi | Maria | 1/1/1990 |
| 00002 | VRDFRA... | Verdi | Francesca | 3/2/1991 |
| 00003 | NRIGVI... | Neri | Giovanni | 5/7/1990 |
| 00004 | BNCMRA... | Bianchi | Maria | 10/11/1990 |
| 00005 | SMTJOH... | Smith | John | 12/12/1991 |

Insegnamenti

| <i>Nome</i> | <i>Codice</i> | <i>Crediti</i> |
|-------------|---------------|----------------|
| Analisi I | AMI01 | 9 |
| Geometria | GEO01 | 6 |
| Fisica I | FISI1 | 6 |
| Chimica | CHI01 | 6 |
| Informatica | INF01 | 6 |

Esami

| <i>Studente</i> | <i>Esame</i> | <i>Data</i> | <i>Voto</i> | <i>Lode</i> |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 00003 | GEO01 | 10/9/2013 | 28 | falso |
| 00001 | AMI01 | 15/9/2013 | 24 | falso |
| 00003 | AMI01 | 30/09/2013 | 27 | falso |
| 00002 | GEO01 | 28/9/2013 | 30 | vero |
| 00004 | CHI01 | 19/9/2013 | 27 | falso |

Schema e istanza di una base di dati relazionale

- **Schema:** struttura della BD, definita in fase di progettazione, **costante nel tempo**
 - schema di una BD: schema delle sue tabelle, vincoli d'integrità tra tabelle
 - schema di una tabella:
 - nome della tabella
 - nome e dominio di ciascuna colonna, vincoli d'integrità
- **Istanza:** dati contenuti nella BD **in un dato istante di tempo**
 - modificabile dagli utenti
 - operazioni: aggiunta, cancellazione, modifica di **righe** di una o più tabelle

Vincoli d'integrità

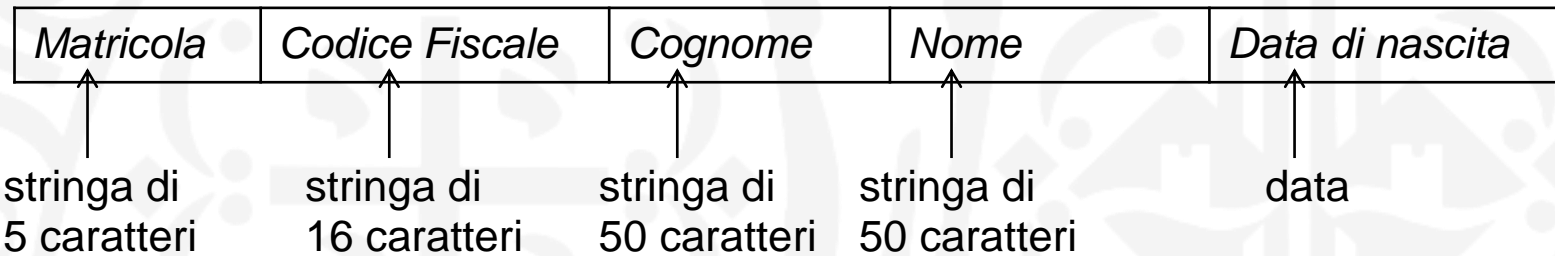
- Vincoli sui valori che possono essere memorizzati nella BD, per garantirne la correttezza
- Definiti in fase di progettazione (schema)
- Applicati automaticamente dal DBMS in fase di aggiunta e modifica delle righe delle tabelle
- Tipologie di vincoli:
 - di dominio
 - di chiave
 - d'integrità referenziale (chiave esterna)
 - di dominio esteso, di tupla (*check*), asserzioni (su più tabelle)

Vincolo di dominio

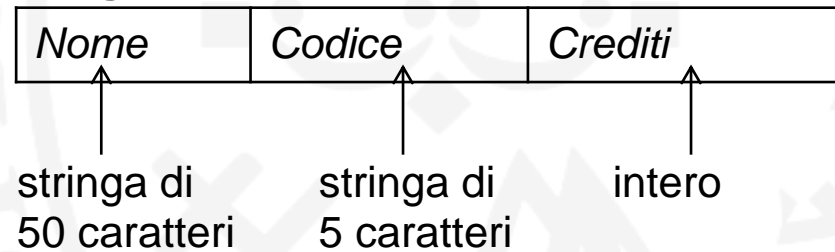
- Definisce l'insieme di valori che una colonna potrà assumere.
- Nel linguaggio SQL esistono sia domini predefiniti che domini definibili dall'utente. Principali domini predefiniti:
 - numeri interi
 - numeri reali
 - stringhe di caratteri (incluso il numero **massimo** di caratteri)
 - date (giorno, mese, anno)
 - istanti di tempo (ore, minuti, secondi)
 - valori logici Booleani (vero/falso)
- È anche possibile non inserire nessun valore in una colonna.
- È **obbligatorio** specificare il vincolo di dominio per ogni colonna.

Vincolo di dominio: esempio

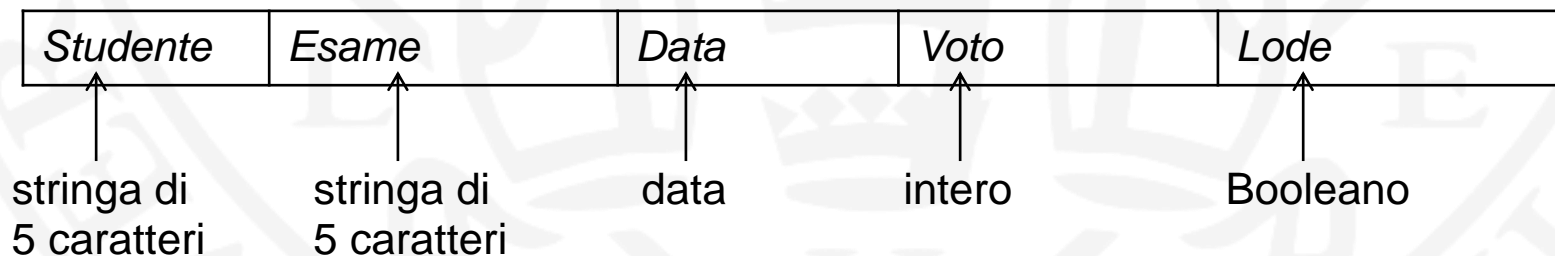
Studenti



Insegnamenti



Esami



Vincolo di chiave

- Nelle BD relazionali ogni tabella deve avere almeno un insieme di una o più colonne che **non potranno** assumere valori identici in righe diverse (si ricordi che una tabella è un **insieme** di righe). Tali colonne devono essere individuate tenendo conto della natura e del significato dei dati memorizzati nella tabella.
- Ogni sottoinsieme **minimale** (cioè composto dal minor numero possibile di colonne) di tali colonne è detto **chiave candidata**.
- **Una** delle chiavi candidate deve poi essere **obbligatoriamente** scelta come **chiave primaria** attraverso il **vincolo di chiave**. La chiave primaria ha la funzione di:
 - identificare univocamente le righe di una tabella
 - rendere più efficienti le interrogazioni
- Tutte le colonne della chiave primaria sono inoltre vincolate a dover sempre contenere un valore.

Vincolo di chiave: esempio

Studenti

| <i>Matricola</i> | <i>Codice Fiscale</i> | <i>Cognome</i> | <i>Nome</i> | <i>Data di nascita</i> |
|------------------|-----------------------|----------------|-------------|------------------------|
| 00001 | RSSMRA... | Rossi | Maria | 1/1/1990 |
| 00002 | VRDFRA... | Verdi | Francesca | 3/2/1991 |
| 00003 | NRIGVI... | Neri | Giovanni | 5/7/1990 |
| 00004 | BNCMRA... | Bianchi | Maria | 10/11/1990 |
| 00005 | SMTJOH... | Smith | John | 12/12/1991 |
| 00006 | BRNMRO... | Bruni | Marco | 28/2/1991 |

Due chiavi candidate: *Matricola* e *Codice Fiscale*.

Una delle due dovrà essere scelta come chiave primaria.

Vincolo di chiave: esempio

Insegnamenti

| <i>Nome</i> | <i>Codice</i> | <i>Crediti</i> |
|-------------|---------------|----------------|
| Analisi I | AMI01 | 9 |
| Geometria | GEO01 | 6 |
| Fisica I | FISI1 | 6 |
| Chimica | CHI01 | 6 |
| Informatica | INF01 | 6 |

Assumendo che il codice identifichi univocamente ogni insegnamento:

- **una chiave candidata**, che costituirà la **chiave primaria**: *Codice*

Vincolo di chiave: esempio

Esami

| <i>Studente</i> | <i>Esame</i> | <i>Data</i> | <i>Voto</i> | <i>Lode</i> |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 00003 | GEO01 | 10/9/2013 | 28 | falso |
| 00001 | AMI01 | 15/9/2013 | 24 | falso |
| 00003 | AMI01 | 30/09/2013 | 27 | falso |
| 00002 | GEO01 | 28/9/2013 | 30 | vero |
| 00004 | CHI01 | 19/9/2013 | 27 | falso |

Assumendo di voler memorizzare nella tabella Esami solo gli esami sostenuti con esito positivo, e che l'esame per un dato insegnamento possa essere sostenuto non più di una volta con esito positivo da uno stesso studente:

- **una chiave candidata**, che costituirà la **chiave primaria**, composta da **due** colonne: (*Studente*, *Esame*)

Vincolo di chiave: notazione grafica

Di norma le chiavi primarie sono evidenziate con la sottolineatura dei nomi delle colonne corrispondenti.

Studenti

| <u>Matricola</u> | <i>Codice Fiscale</i> | <i>Cognome</i> | <i>Nome</i> | <i>Data di nascita</i> |
|------------------|-----------------------|----------------|-------------|------------------------|
| 00001 | RSSMRA... | Rossi | Maria | 1/1/1990 |
| 00002 | VRDFRA... | Verdi | Francesca | 3/2/1991 |
| ... | ... | ... | ... | ... |

Insegnamenti

| <i>Nome</i> | <u>Codice</u> | <i>Crediti</i> |
|-------------|---------------|----------------|
| Analisi I | AMI01 | 9 |
| Geometria | GEO01 | 6 |
| Fisica I | FISI1 | 6 |
| Chimica | CHI01 | 6 |
| Informatica | INF01 | 6 |

Esami

| <u>Studente</u> | <u>Esame</u> | <i>Data</i> | <i>Voto</i> | <i>Lode</i> |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 00003 | GEO01 | 10/9/2013 | 28 | no |
| 00001 | AMI01 | 15/9/2013 | 24 | no |
| 00003 | AMI01 | 30/09/2013 | 27 | no |
| 00002 | GEO01 | 28/9/2013 | 30 | sì |
| 00004 | CHI01 | 19/9/2013 | 27 | no |

Vincoli d'integrità referenziale

- Una BD contiene dati suddivisi nelle **righe** di diverse tabelle.
- È possibile mettere in corrispondenza le **righe** di tabelle diverse facendo in modo che le righe di una tabella **referenziante** contengano un riferimento alle righe di una tabella **referenziata**.
- Nelle BD relazionali questo è possibile attraverso la **condivisione di colonne** tra la tabella referenziante e quella referenziata.

Vincoli d'integrità referenziale

- Per mettere in corrispondenza le righe di due tabelle:
 - si aggiungono alla tabella **referenziante** le colonne (dette **chiave esterna**) corrispondenti alla **chiave primaria** della tabella **referenziata**; tali colonne dovranno avere **lo stesso dominio** (ma possono avere nomi diversi)
 - si definisce un **vincolo d'integrità referenziale** che lega le colonne della chiave esterna della tabella referenziante a quelle della chiave primaria della tabella referenziata
 - Il vincolo d'integrità referenziale impone che non sarà possibile inserire nella tabella referenziante righe contenenti valori della chiave esterna che non compaiono nelle righe dell'**istanza attuale** della tabella referenziata.
 - Consente inoltre di specificare le azioni da svolgere nel caso di modifiche alla tabella referenziata (si veda più avanti) che potrebbero comportare la violazione dello stesso vincolo.

Vincoli d'integrità referenziale: esempio

Studenti

| <u>Matricola</u> | Codice Fiscale | Cognome | Nome | Data di nascita |
|------------------|----------------|---------|-----------|-----------------|
| 00001 | RSSMRA... | Rossi | Maria | 1/1/1990 |
| 00002 | VRDFRA... | Verdi | Francesca | 3/2/1991 |
| 00003 | NRIGVI... | Neri | Giovanni | 5/7/1990 |
| 00004 | BNCMRA... | Bianchi | Maria | 10/11/1990 |
| 00005 | SMTJOH... | Smith | John | 12/12/1991 |
| 00006 | BRNMRO... | Bruni | Marco | 28/2/1991 |

Insegnamenti

| Nome | <u>Codice</u> | Crediti |
|-------------|---------------|---------|
| Analisi I | AMI01 | 9 |
| Geometria | GEO01 | 6 |
| Fisica I | FISI1 | 6 |
| Chimica | CHI01 | 6 |
| Informatica | INF01 | 6 |

Esami

| <u>Studente</u> | <u>Esame</u> | Data | Voto | Lode |
|-----------------|--------------|------------|------|------|
| 00003 | GEO01 | 10/9/2013 | 28 | no |
| 00001 | AMI01 | 15/9/2013 | 24 | no |
| 00003 | AMI01 | 30/09/2013 | 27 | no |
| 00002 | GEO01 | 28/9/2013 | 30 | sì |
| 00004 | CHI01 | 19/9/2013 | 27 | no |

Vincoli d'integrità referenziale: esempio

- Nell'esempio precedente, il vincolo d'integrità referenziale tra la colonna "Studente" della tabella "Esami" e la colonna "Matricola" della tabella "Studenti":
 - può essere definito solo se le due colonne hanno lo stesso dominio
 - impone che nella prima potranno essere inseriti solo numeri di matricola che si trovano già nella seconda (in altre parole, si possono memorizzare solo esami sostenuti da studenti che compaiono nella tabella "Studenti")
- Analogo discorso vale per il vincolo tra la colonna "Esame" della tabella "Esami" e la colonna "Codice" della tabella "Insegnamenti".

Vincoli d'integrità referenziale

- Come caso particolare, la tabella referenziante e quella referenziata possono coincidere.
 - Esempio: una tabella che contiene dati anagrafici su un insieme di persone, tra i quali il codice fiscale (chiave primaria), e il padre di ciascuna persona (la colonna "Padre", che corrisponde alla chiave esterna).
 - Se le informazioni sul padre di qualche persona non sono contenute nella tabella, il corrispondente valore della colonna "Padre" sarà assente.

Persone

| <i>Padre</i>  | <u><i>Codice Fiscale</i></u> | <i>Cognome</i> | <i>Nome</i> | <i>Data di nascita</i> |
|--|------------------------------|----------------|-------------|------------------------|
| RSSMRO... | RSSMRA... | Rossi | Maria | 1/1/1979 |
| RSSMRO... | RSSFRA... | Rossi | Francesca | 3/2/1991 |
| NULL | NRIGVI... | Neri | Giovanni | 5/7/1950 |
| NULL | BNCMRA... | Bianchi | Maria | 10/11/1962 |
| NRIGVI... | NRILCA... | Neri | Luca | 12/12/1991 |
| NULL | RSSMRO... | Rossi | Marco | 28/2/1961 |

Altri vincoli d'integrità

- Vincolo di **dominio esteso**: limita ulteriormente i valori che possono essere assunti da una colonna a un **sottoinsieme** del suo dominio. Esempi:
 - voto di un esame: numero intero (dominio), compreso tra 18 e 30 (vincolo di dominio esteso)
 - si può anche imporre che il valore di una colonna non possa essere assente (nota: tale vincolo è sempre **implicito** per tutte le colonne della chiave primaria)
- Vincolo di **tupla**: limita i valori che possono essere assunti da **due o più** colonne in una **stessa riga**.
Esempio: colonne "Voto" (intero tra 18 e 30) e "Lode" (sì/no) di un esame: la lode può essere assegnata (sì) solo se il voto è 30

Altri vincoli d'integrità

- Vincolo di **unicità** (su una o più colonne): definisce un sottoinsieme di colonne di una tabella, **diverso** dalla chiave primaria, che non potrà assumere lo stesso valore in righe diverse
 - Esempio: se nella tabella "Studenti" si sceglie "Matricola" come chiave primaria, sulla colonna "Codice fiscale" potrà essere imposto un vincolo di unicità (questo impedirà l'inserimento di uno stesso codice fiscale per studenti diversi)
- **Asserzioni**: vincoli che coinvolgono più tabelle

Il vincolo di unicità

- Un vincolo di unicità imposto su **due o più colonne** impone che non potranno esistere righe con valori identici in **tutte** le colonne coinvolte (analogamente al vincolo di chiave primaria).
- Esempio:
 - **un** vincolo di unicità sulle colonne "Nome" e "Cognome" della tabella "Studenti" impedisce di inserire studenti omonimi, aventi cioè sia lo stesso nome che lo stesso cognome, ma non impedisce di inserire studenti che abbiano identico solo il nome o solo il cognome (es.: Marco Rossi e Francesco Rossi)
 - **due** vincoli di unicità distinti sulle stesse colonne impongono una condizione più restrittiva: non solo impediscono di inserire studenti omonimi, ma anche studenti che abbiano identico solo il nome (per es., Marco Rossi e Marco Bianchi), oppure solo il cognome (per es., Mario Neri e Giovanni Neri)

Schema logico relazionale: notazione informale

- **Studenti** (*Matricola*: stringa di 5 caratteri,
Codice fiscale: stringa di 16 caratteri,
Cognome: stringa di 50 caratteri,
Nome: stringa di 50 caratteri,
Data di nascita: data)
- **Insegnamenti** (*Nome*: stringa di 50 caratteri,
Codice: stringa di 5 caratteri,
Crediti: intero)
- **Esami** (*Data*: data,
Voto: intero,
Lode: Booleano,
Studente: stringa di 5 caratteri,
Esame: stringa di 5 caratteri)
- Vincoli d'**integrità referenziale** (chiavi esterne):
 - *Studente* (tab. *Esami*, referenziante) → *Matricola* (tab. *Studenti*, referenziata)
 - *Esame* (tab. *Esami*, referenziante) → *Codice* (tab. *Corso*, referenziata)
- Altri vincoli:
 - Tabella *Esami*: $18 \leq \text{Voto} \leq 30$ (vincolo di dominio esteso)
 - Se $\text{Voto} < 30$, *Lode* non può essere 'vero' (vincolo di tupla)



Il linguaggio SQL

Basi di dati e linguaggio SQL

- Base di dati: una collezione di schemi
- Ogni schema:
 - è identificato da un **nome**
 - è associato a un **utente (proprietario)**
 - contiene una collezione di **descrittori** di:
 - tabelle
 - vincoli
 - domini definiti dall'utente
 - autorizzazioni per l'accesso ai dati da parte degli utenti
 - ...

SQL: funzionalità principali

- Definizione dello **schema** di una BD: tabelle, colonne, vincoli, ecc. (*data definition language, DDL*)
- Accesso all'**istanza** di una BD (*data manipulation language, DML*)
 - modifica dell'**istanza** di una BD (inserimento di righe, modifica di righe, cancellazione di righe)
 - estrazione di dati da una BD (**interrogazione**)
- Interfacce:
 - a "riga di comando" (es.: psql)
 - grafiche (es.: pgAdmin)

Principali domini predefiniti in SQL

- `integer` oppure `int`: numero intero
- `real`: numero reale
- `character varying(n)` oppure `varchar(n)`: stringa di non più di *n* caratteri
- `date`: data, nel formato *AAAA-MM-GG* (sono ammessi solo valori che corrispondono a date valide, per es., $1 \leq MM \leq 12$, ecc.)
- `time`: ore, minuti e secondi, nel formato *hh:mm:ss* (valori ammessi: $00 \leq hh \leq 24$, $00 \leq mm \leq 59$, $00 \leq ss \leq 59$)
- `boolean`: valore logico *Booleano*, con valori "vero" e "falso" indicati dai simboli `TRUE` e `FALSE` (es.: colonna "Lode" riferita al voto di un esame)

Definizione di una tabella

- Principale comando SQL di tipo DDL: definizione dello schema di una tabella.
- Sintassi:

```
CREATE TABLE "nome_tabella" (  
    "nome colonna"          dominio ,  
    ...  
    "nome colonna"          dominio ,  
    PRIMARY KEY ("nome colonna", ..., "nome colonna")  
);
```

Esempio

```
CREATE TABLE "Studenti" (  
    "Cognome"          varchar(50) ,  
    "Nome"             varchar(50) ,  
    "Matricola"        varchar(5)  ,  
    "Data di nascita" date       ,  
    "Codice fiscale"  varchar(16) ,  
    PRIMARY KEY ("Matricola")  
);
```

Definizione di una tabella

- Oltre ai vincoli di dominio e di chiave primaria (obbligatori) è possibile definire ulteriori vincoli, con i seguenti comandi:
 - vincoli di dominio esteso su una colonna:
 - NOT NULL (il valore della colonna non può essere assente)
 - CHECK **condizione** (specifica una condizione che dovrà essere rispettata dai valori della colonna)
 - vincolo di unicità su una o più colonne:
UNIQUE ("**nome colonna**", ...)
 - vincolo di chiave esterna su una o più colonne:
FOREIGN KEY ...
 - vincolo di tupla su una o più colonne: CHECK **condizione**
- È anche possibile indicare un valore di *default* per una colonna:
DEFAULT **valore**

Definizione di una tabella

- Sintassi:

```
CREATE TABLE "nome_tabella" (  
  "nome_colonna"      dominio [NOT NULL] [DEFAULT valore] ,  
  ...  
  [ UNIQUE ("nome_colonna", ..., "nome_colonna") , ]  
  [ FOREIGN KEY ("nome_colonna", ..., "nome_colonna")  
    REFERENCES "tabella_referenziata"("nome_colonna"), ... , ]  
  PRIMARY KEY ("nome_colonna", ..., "nome_colonna")  
);
```

Esempio

```
CREATE TABLE "Studenti" (  
    "Cognome"          varchar(50) NOT NULL ,  
    "Nome"             varchar(50) ,  
    "Matricola"        varchar(5) ,  
    "Data di nascita" date ,  
    "Codice fiscale"   varchar(16) ,  
    UNIQUE ("Codice fiscale"),  
    PRIMARY KEY ("Matricola")  
);
```

Esempio

```
CREATE TABLE "Insegnamenti" (  
    "Nome"          varchar(50) NOT NULL,  
    "Crediti"       int ,  
    "Codice"        varchar(5) ,  
    PRIMARY KEY ("Codice")  
);
```

Esempio

```
CREATE TABLE "Esami" (  
    "Voto"                integer NOT NULL ,  
    "Lode"                 boolean  DEFAULT FALSE ,  
    "Data"                 date ,  
    "Studente"            varchar(5) ,  
    "Esame"                varchar(5) ,  
    PRIMARY KEY ("Studente", "Esame"),  
    FOREIGN KEY ( "Studente" )  
        REFERENCES "Studenti" ("Matricola") ,  
    FOREIGN KEY ( "Esame" )  
        REFERENCES "Insegnamenti" ("Codice") ,  
    CHECK ("Voto" >= 18 AND "Voto" <= 30) ,  
    CHECK (NOT ("Voto" < 30 AND "Lode" = TRUE))  
);
```