

---

# **Answer Set Programming**

Progetto di Intelligenze Artificiali e Laboratorio - Parte 1

Emanuele Gentiletti, Alessandro Caputo

## Indice

<b>Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>Base di conoscenza</b>	<b>3</b>
<b>Aggregati</b>	<b>4</b>
orario . . . . .	5
classe_ha_docente . . . . .	5
<b>Vincoli</b>	<b>7</b>
<b>Risultati</b>	<b>8</b>
<b>Appendice</b>	<b>9</b>
Answer Set 1 . . . . .	9

## Introduzione

L'obiettivo di questa esercitazione è quello di creare un calendario accademico attraverso l'applicativo Clingo. Parleremo di come abbiamo definito la base di conoscenza, gli aggregati, i vincoli e di come abbiamo gestito l'output di Clingo al fine di rendere la visualizzazione dei dati più agevole.

## Base di conoscenza

Abbiamo scelto di codificare parte dei requisiti previsti dalla consegna come parte della «base di conoscenza», e quindi di rappresentarli tramite termini ground o regole comunque triviali.

- ci sono otto aule: lettere (2 aule), matematica, tecnologia, musica, inglese, spagnolo, religione
- ci sono tre laboratori: arte, scienze, educazione fisica (palestra)
- ci sono due docenti per ciascuno dei seguenti insegnamenti: lettere, matematica, scienze
- vi è un unico docente per tutti gli altri insegnamenti
- 30 ore complessive, da distribuire in 5 giorni (da lunedì a venerdì), 6 ore al giorno
- le classi sono: 1A, 1B, 2A, 2B, 3A, 3B
- ogni docente insegna una ed una sola materia, con l'eccezione di matematica e scienze, ossia un docente incaricato di insegnare matematica risulterà anche insegnante di scienze (non necessariamente per la stessa classe);

Per quanto riguarda le classi, i giorni della settimana e le ore di lezione, ci è bastato enumerare ogni possibilità in diversi fatti. I fatti più complessi sono invece:

- `ore_per_materia`, in cui abbiamo associato a ogni materia il numero di ore settimanali previsto.

```
ore_per_materia(  
    lettere, 10;  
    matematica, 4;  
    scienze, 2;  
    ...  
).
```

- `aule_per_materia`, in cui abbiamo associato a ogni materia le rispettive aule. Abbiamo scelto di trattare i laboratori come aule, dato che non si presentavano differenze a un livello di trattamento nella consegna.

```
aule_per_materia(  
    lettere, aula_lettere1;  
    lettere, aula_lettere2;  
    scienze, lab_scienze;  
    ...  
).
```

- `docente`, che associa ad ogni materia i nomi dei docenti di loro competenza.

```
docente(  
    lettere, "Lucia Lettere1";  
    lettere, "Annalisa Lettere2";  
    matematica, "Rob Matematica";  
    ...  
).
```

La regola `materia(X) :- ore_per_materia(X, _)` serve a consultare le materie disponibili attraverso `materia(Materia)` piuttosto che `ore_per_materia(Materia, _)`, semplificando la scrittura del codice.

Per rappresentare il fatto che i docenti di matematica possano insegnare scienze, abbiamo creato una regola che permette di stabilire quali materie il docente sia abilitato ad insegnare, oltre alla materia propriamente di sua competenza.

```
% Ogni docente può insegnare la propria materia.  
docente_puo_insegnare(Materia, Docente) :- docente(Materia, Docente).  
% I docenti di matematica possono insegnare scienze.  
docente_puo_insegnare(scienze, Docente) :- docente(matematica, Docente).
```

La prima parte della regola stabilisce trivialmente che ogni docente può insegnare la sua materia di competenza. Nella seconda parte permettiamo a tutti i docenti di matematica di insegnare anche scienze.

## Aggregati

Per costruire i fatti che rappresentano l'orario, abbiamo fatto uso di due aggregati.

## orario

L'aggregato costruisce un fatto `orario` per ognuna delle ore da assegnare a ciascuna materia.

```
OreMateria {  
    orario(Classe, Giorno, Ora, Materia, Aula) :  
        ora(Ora), giorno(Giorno), aule_per_materia(Materia, Aula)  
} OreMateria :- classe(Classe), ore_per_materia(Materia, OreMateria).
```

L'intenzione nell'usare i termini `classe(Classe)` e `ore_per_materia(Materia, OreMateria)` nel corpo della regola è di rendere vera la testa per ogni possibile istanziazione della tripletta delle variabili, andando a fare un'operazione analoga al prodotto cartesiano tra le possibili istanziazioni di `Classe` e `(Materia, OreMateria)`. Per indicare che vogliamo avere un termine `orario` per ogni ora da assegnare usiamo la variabile `OreMateria` nella specifica della cardinalità minima e massima dell'aggregato. In questo modo, ci saranno `OreMateria` fatti `orario` per ogni classe.

Nel resto dell'aggregato, facciamo assegnare arbitrariamente un'ora, un giorno e un'aula alla classe tramite le corrispondenti variabili.

## classe\_ha\_docente

```
1 {  
    classe_ha_docente(Classe, Materia, Docente) :  
        docente_puo_insegnare(Materia, Docente)  
} 1 :- classe(Classe), materia(Materia).
```

L'aggregato serve a creare un fatto `classe_ha_docente` per ogni classe e materia. Analogamente a quanto fatto in `orario`, abbiamo specificato `classe(Classe)` e `materia(Materia)` nel corpo della regola, per enumerare le possibili combinazioni delle variabili.

In `classe_ha_docente`, lasciamo che venga assegnato in `Docente` un docente tra quelli abilitati a insegnare la materia di riferimento. Manteniamo anche l'informazione sulla materia che il docente insegna alla classe, dato che il requisito per cui i professori di matematica possono anche insegnare scienze potrebbe lasciare spazio ad ambiguità. In particolare, sarebbe impossibile stabilire senza contesto se un professore di matematica insegna matematica o scienze a una determinata classe.

Abbiamo scelto di separare le assegnazioni delle ore di lezione dalle assegnazioni dei docenti, partendo dal presupposto che per ogni classe una materia venga sempre insegnata dallo stesso docente. Con questa base di partenza, sono necessarie meno assegnazioni di docenti che di ore, e servono meno informazioni per assegnare un docente alla classe che per assegnare un'ora di lezione, rendendo questa separazione naturale. Un'alternativa che abbiamo considerato è stata assegnare i docenti direttamente

tramite `orario`, per poi imporre che la materia sia sempre insegnata dallo stesso docente tramite un vincolo.

## Vincoli

Per andare incontro al resto dei requisiti, e per creare delle situazioni che fossero accettabili dal punto di vista del senso comune, abbiamo fatto ricorso a diversi vincoli:

- Abbiamo impedito che una classe potesse avere due lezioni in una stessa ora.

```
:-  
  orario(Classe, Giorno, Ora, Materia1, _),  
  orario(Classe, Giorno, Ora, Materia2, _),  
  Materia1 != Materia2.
```

- Abbiamo stabilito che un docente possa insegnare solo in una classe per volta. Per farlo, abbiamo indicato che non ci possano essere situazioni in cui il docente insegna a classi diverse nello stesso giorno e nella stessa ora.

```
:-  
  orario(Classe1, Giorno, Ora, Materia1, _),  
  orario(Classe2, Giorno, Ora, Materia2, _),  
  Classe1 != Classe2,  
  classe_ha_docente(Classe1, Materia1, Docente),  
  classe_ha_docente(Classe2, Materia2, Docente).
```

- Abbiamo indicato che tutti i docenti dovessero avere una classe assegnata.

```
:- docente(_, Docente), not classe_ha_docente(_, _, Docente).
```

- Abbiamo impedito che una classe potesse avere lezione in aule diverse in una stessa ora.

```
:-  
  orario(Classe, Giorno, Ora, _, Aula1),  
  orario(Classe, Giorno, Ora, _, Aula2),  
  Aula1 != Aula2.
```

- Infine, abbiamo stabilito che non ci possano essere due lezioni diverse in una stessa aula.

```
:-  
  orario(Classe1, Giorno, Ora, _, Aula),  
  orario(Classe2, Giorno, Ora, _, Aula),  
  Classe1 != Classe2.
```

Inoltre, abbiamo creato anche un programma alternativo che estende quello principale con alcuni vincoli che tengono conto di alcune considerazioni di senso comune. I vincoli aggiunti sono:

- Far sì che tutte le ore di una materia in una giornata siano consecutive.

```
:-  
    orario(Classe, Giorno, Ora1, Materia, _),  
    orario(Classe, Giorno, Ora2, Materia, _),  
    Ora1 < Ora2,  
    not orario(Classe, Giorno, Ora2 - 1, Materia, _).
```

- Non permettere cambi d'aula nel corso di una stessa lezione.

```
:-  
    orario(Classe, Giorno, Ora1, Materia, Aula1),  
    orario(Classe, Giorno, Ora2, Materia, Aula2),  
    Ora1 != Ora2,  
    Aula1 != Aula2.
```

## Risultati

Nel programma principale, siamo riusciti a far generare a Clingo circa due miliardi e mezzo di Answer Set possibili. La ricerca di soluzioni non è stata esaustiva, ma è stata interrotta per ragioni di tempo.

Per permettere una visualizzazione più agevole dei risultati abbiamo scritto un programma Python. Il programma può fare il parsing dell'output di Clingo e stampare i dati contenuti negli Answer Set in forma di tabelle ASCII, o convertirli in formato Tab Separated Values. Se il modulo Python ufficiale di Clingo è presente nel sistema, è possibile anche far eseguire il solver direttamente allo script.

```
# Esempi d'uso dello script calendario.py  
./calendario.py --solve 1  
clingo calendario.cl | ./calendario.py
```

In appendice, alleghiamo il primo Answer Set prodotto da Clingo, il cui markup per la visualizzazione in questo documento è generato direttamente dal programma Python.



## Appendice

### Answer Set 1

**Tabella 1:** Orario della classe a1 nell'Answer Set 1

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
1	matematica aula_matematica doc_matematica1	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	inglese aula_inglese doc_inglese	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia
2	scienze lab_scienze doc_matematica1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	lettere aula_lettere2 doc_lettere1	inglese aula_inglese doc_inglese	religione aula_religione doc_religione
3	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	matematica aula_matematica doc_matematica1	arte lab_arte doc_arte	musica aula_musica doc_musica
4	lettere aula_lettere2 doc_lettere1	lettere aula_lettere2 doc_lettere1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	scienze lab_scienze doc_matematica1	matematica aula_matematica doc_matematica1
5	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	inglese aula_inglese doc_inglese	lettere aula_lettere2 doc_lettere1
6	arte lab_arte doc_arte	musica aula_musica doc_musica	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	matematica aula_matematica doc_matematica1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1

**Tabella 2:** Orario della classe a2 nell'Answer Set 1

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
1	inglese aula_inglese doc_inglese	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	musica aula_musica doc_musica	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	matematica aula_matematica doc_matematica2
2	musica aula_musica doc_musica	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	lettere aula_lettere1 doc_lettere2	religione aula_religione doc_religione	arte lab_arte doc_arte
3	inglese aula_inglese doc_inglese	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2
4	lettere aula_lettere1 doc_lettere2	lettere aula_lettere1 doc_lettere2	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	matematica aula_matematica doc_matematica2	arte lab_arte doc_arte
5	lettere aula_lettere1 doc_lettere2	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	scienze lab_scienze doc_scienze2	matematica aula_matematica doc_matematica2
6	scienze lab_scienze doc_scienze2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	inglese aula_inglese doc_inglese	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	matematica aula_matematica doc_matematica2

**Tabella 3:** Orario della classe b1 nell'Answer Set 1

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
1	musica aula_musica doc_musica	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	matematica aula_matematica doc_matematica2	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	lettere aula_lettere2 doc_lettere1
2	lettere aula_lettere2 doc_lettere1	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	matematica aula_matematica doc_matematica2	matematica aula_matematica doc_matematica2	lettere aula_lettere2 doc_lettere1
3	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	inglese aula_inglese doc_inglese	inglese aula_inglese doc_inglese	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia
4	inglese aula_inglese doc_inglese	matematica aula_matematica doc_matematica2	scienze lab_scienze doc_matematica1	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	lettere aula_lettere1 doc_lettere1
5	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	religione aula_religione doc_religione	arte lab_arte doc_arte	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	arte lab_arte doc_arte
6	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	musica aula_musica doc_musica	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	scienze lab_scienze doc_matematica1

**Tabella 4:** Orario della classe b2 nell'Answer Set 1

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
1	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	matematica aula_matematica doc_matematica2	scienze lab_scienze doc_matematica1
2	religione aula_religione doc_religione	inglese aula_inglese doc_inglese	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	lettere aula_lettere1 doc_lettere2	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo
3	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	matematica aula_matematica doc_matematica2	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	matematica aula_matematica doc_matematica2
4	matematica aula_matematica doc_matematica2	inglese aula_inglese doc_inglese	arte lab_arte doc_arte	lettere aula_lettere1 doc_lettere2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2
5	inglese aula_inglese doc_inglese	arte lab_arte doc_arte	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	musica aula_musica doc_musica	lettere aula_lettere1 doc_lettere2
6	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	scienze lab_scienze doc_matematica1	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	musica aula_musica doc_musica	lettere aula_lettere2 doc_lettere2

**Tabella 5:** Orario della classe c1 nell'Answer Set 1

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
1	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	lettere aula_lettere1 doc_lettere2
2	lettere aula_lettere1 doc_lettere2	arte lab_arte doc_arte	inglese aula_inglese doc_inglese	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	lettere aula_lettere1 doc_lettere2
3	musica aula_musica doc_musica	religione aula_religione doc_religione	scienze lab_scienze doc_scienze1	matematica aula_matematica doc_matematica2	inglese aula_inglese doc_inglese
4	arte lab_arte doc_arte	scienze lab_scienze doc_scienze1	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	musica aula_musica doc_musica
5	matematica aula_matematica doc_matematica2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	matematica aula_matematica doc_matematica2	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo
6	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	matematica aula_matematica doc_matematica2	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica	lettere aula_lettere2 doc_lettere2	inglese aula_inglese doc_inglese

**Tabella 6:** Orario della classe c2 nell'Answer Set 1

	lunedì	martedì	mercoledì	giovedì	venerdì
1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	matematica aula_matematica doc_matematica2	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	musica aula_musica doc_musica	inglese aula_inglese doc_inglese
2	arte lab_arte doc_arte	religione aula_religione doc_religione	spagnolo aula_spagnolo doc_spagnolo	lettere aula_lettere2 doc_lettere1	musica aula_musica doc_musica
3	matematica aula_matematica doc_matematica2	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1
4	tecnologia aula_tecnologia doc_tecnologia	arte lab_arte doc_arte	inglese aula_inglese doc_inglese	lettere aula_lettere2 doc_lettere1	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica
5	lettere aula_lettere2 doc_lettere1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	inglese aula_inglese doc_inglese	matematica aula_matematica doc_matematica2	scienze lab_scienze doc_scienze2
6	matematica aula_matematica doc_matematica2	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	lettere aula_lettere1 doc_lettere1	scienze lab_scienze doc_scienze2	ed_fisica lab_ed_fisica doc_edfisica