

Tema 1: El sistema deductivo de Prolog

José A. Alonso Jiménez

Jose-Antonio.Alonso@cs.us.es
<http://www.cs.us.es/~jalonso>

Dpto. de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Objetivos del curso

- Lógica como:
 - sistema de especificación y
 - lenguaje de programación
- Principios:
 - Programas = Teorías
 - Ejecución = Búsqueda de pruebas
 - Programación = Modelización
- Prolog = Programming in Logic
- Relaciones con otros campos:
 - Inteligencia artificial
 - Sistemas basados en el conocimiento
 - Procesamiento del lenguaje natural

Declarativo vs. imperativo

- Paradigmas
 - Imperativo: Se describe *cómo* resolver el problema
 - Declarativo: Se describe *qué* es el problema
- Programas
 - Imperativo: Una sucesión de instrucciones
 - Declarativo: Un conjunto de sentencias
- Lenguajes
 - Imperativo: Pascal, C, Fortran
 - Declarativo: Prolog, Lisp puro, ML, Haskell
- Ventajas
 - Imperativo: Programas rápidos y especializados
 - Declarativo: Programas generales, cortos y legibles

Historia de la programación lógica

- 1960: Demostración automática de teoremas
- 1965: Resolución y unificación (Robinson)
- 1969: QA3, obtención de respuesta (Green)
- 1972: Implementación de Prolog (Colmerauer)
- 1974: Programación lógica (Kowalski)
- 1977: Prolog de Edimburgo (Warren)
- 1981: Proyecto japonés de Quinta Generación
- 1986: Programación lógica con restricciones
- 1995: Estándar ISO de Prolog

Deducción Prolog en lógica proposicional

- Base de conocimiento y objetivo:
 - Base de conocimiento:
 - Regla 1: Si un animal es ungulado y tiene rayas negras, entonces es una cebra.
 - Regla 2: Si un animal rumia y es mamífero, entonces es ungulado.
 - Regla 3: Si un animal es mamífero y tiene pezuñas, entonces es ungulado.
 - Hecho 1: El animal es mamífero.
 - Hecho 2: El animal tiene pezuñas.
 - Hecho 3: El animal tiene rayas negras.
 - Objetivo: Demostrar a partir de la base de conocimientos que el animal es una cebra.

Deducción Prolog en lógica proposicional

- Programa

```
es_cebra      :- es_ungulado, tiene_rayas_negras. % R1
es_ungulado   :- rumia, es_mamífero.              % R2
es_ungulado   :- es_mamífero, tiene_pezuñas.       % R3
es_mamífero.                                     % H1
tiene_pezuñas.                                   % H2
tiene_rayas_negras.                               % H3
```

- Sesión

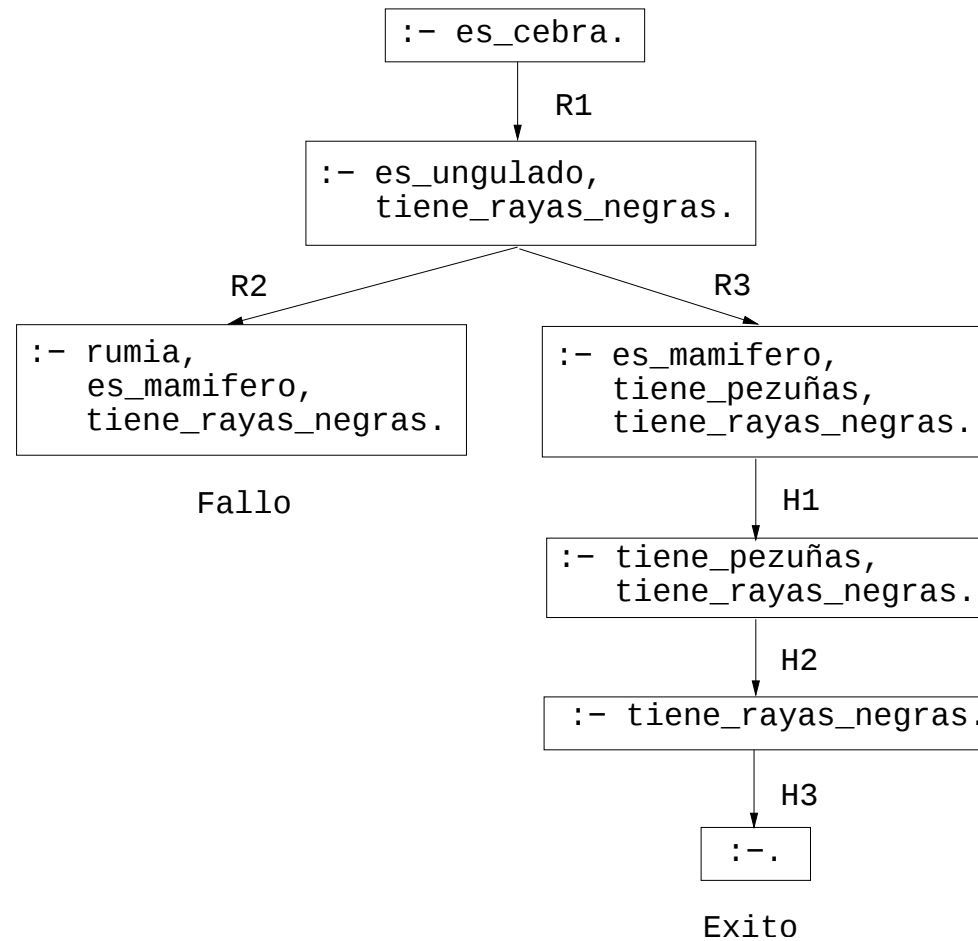
```
> pl
Welcome to SWI-Prolog (Version 5.0.3)
Copyright (c) 1990-2002 University of Amsterdam.
```

```
?- [animales].
Yes
```

```
?- es_cebra.
Yes
```

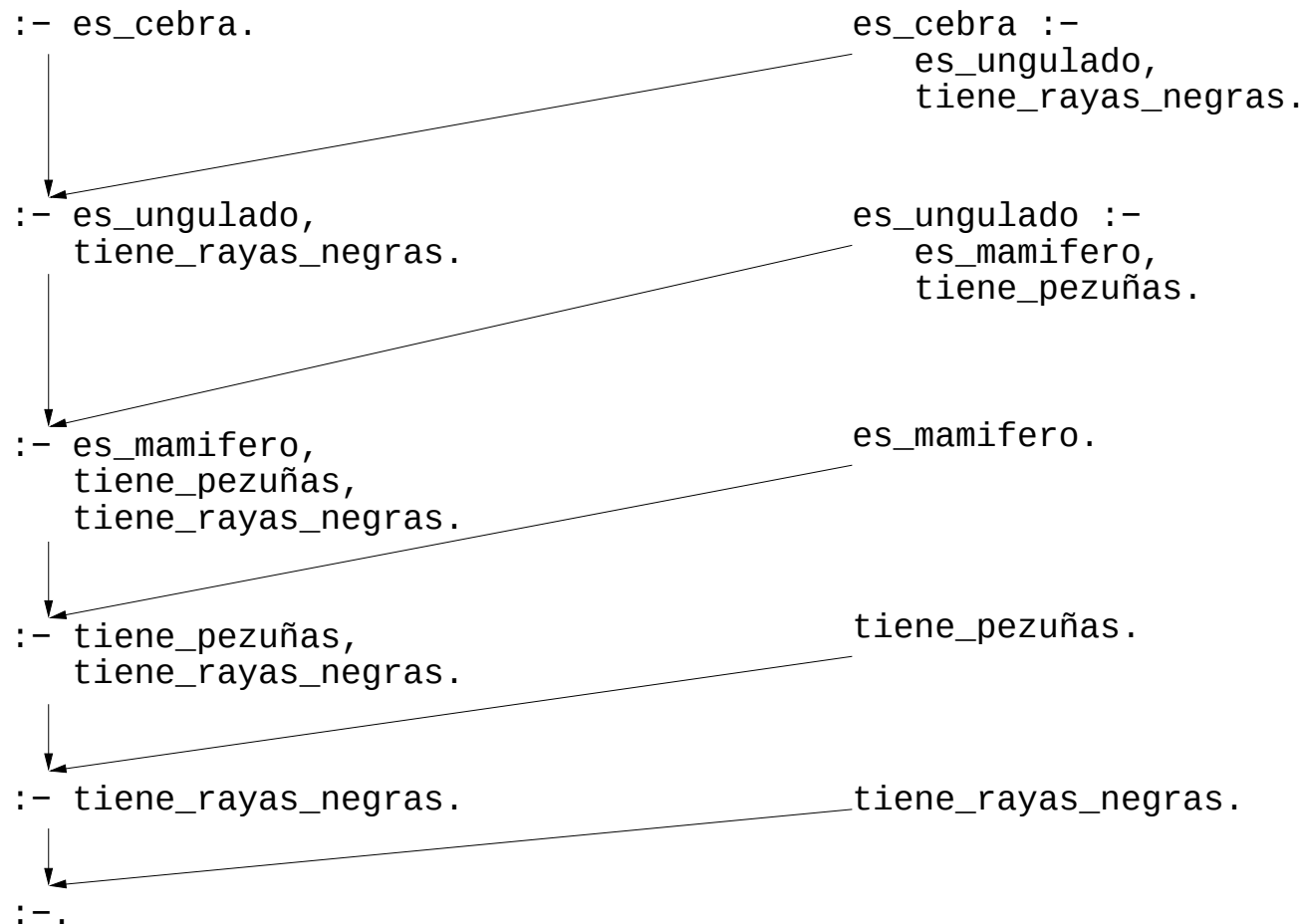
Deducción Prolog en lógica proposicional

- Árbol de deducción



Deducción Prolog en lógica proposicional

- Demostración por resolución SLD



Deducción Prolog en lógica relacional

- Base de conocimiento:

- Hechos 1-4: 6 y 12 son divisibles por 2 y por 3.
- Hecho 5: 4 es divisible por 2.
- Regla 1: Los números divisibles por 2 y por 3 son divisibles por 6.

- Programa

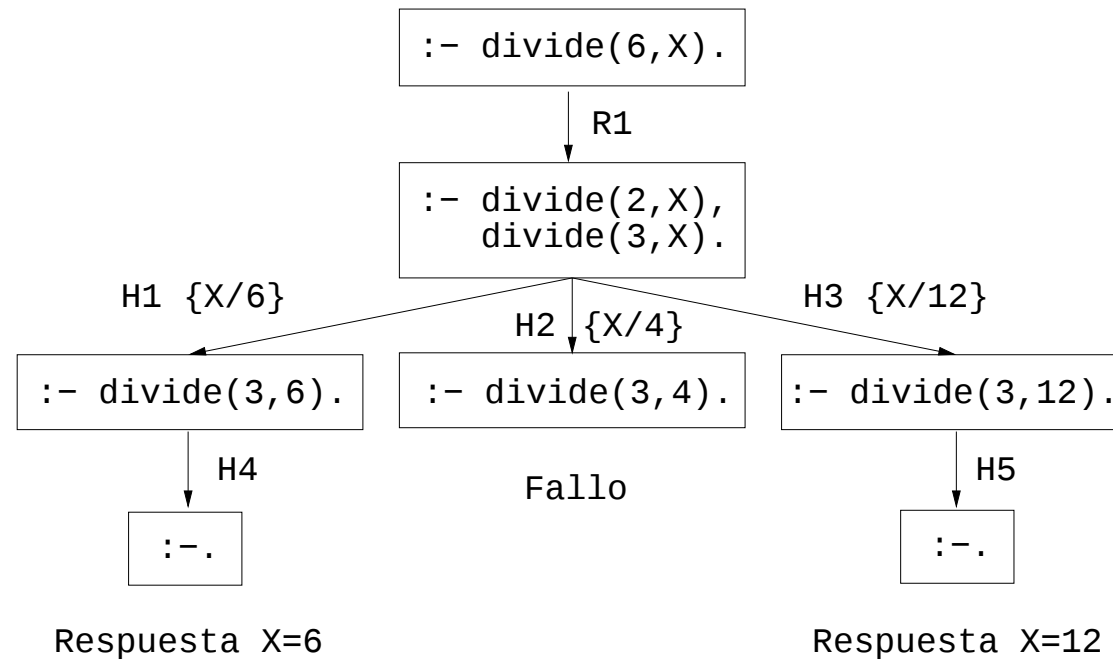
```
divide(2,6).           % Hecho 1
divide(2,4).           % Hecho 2
divide(2,12).          % Hecho 3
divide(3,6).           % Hecho 4
divide(3,12).          % Hecho 5
divide(6,X) :- divide(2,X), divide(3,X). % Regla 1
```

Deducción Prolog en lógica relacional

- Símbolos:
 - Constantes: 2, 3, 4, 6, 12
 - Relación binaria: `divide`
 - Variable: `X`
- Interpretaciones de la Regla 1:
 - `divide(6,X) :- divide(2,X), divide(3,X).`
 - Interpretación declarativa:
 $(\forall X)[\textit{divide}(2, X) \wedge \textit{divide}(3, X) \rightarrow \textit{divide}(6, X)]$
 - Interpretación procedimental
- Consulta:
 - ¿Cuáles son los múltiplos de 6?
`?- divide(6,X).`
`X = 6 ;`
`X = 12 ;`
`No`

Deducción Prolog en lógica relacional

- Árbol de deducción



- Comentarios:

- Unificación
- Cálculo de respuestas
- Respuestas múltiples

Deducción Prolog en lógica funcional

- Representación de los números naturales:

- $0, s(0), s(s(0)), \dots$

- Definición de la suma

$0 + Y = Y$

$s(X) + Y = s(X+Y)$

- Programa

`suma(0,Y,Y). % R1`

`suma(s(X),Y,s(Z)) :- suma(X,Y,Z). % R2`

- Consulta:

- Pregunta: ¿Cuál es la suma de $s(0)$ y $s(s(0))$?

- Sesión:

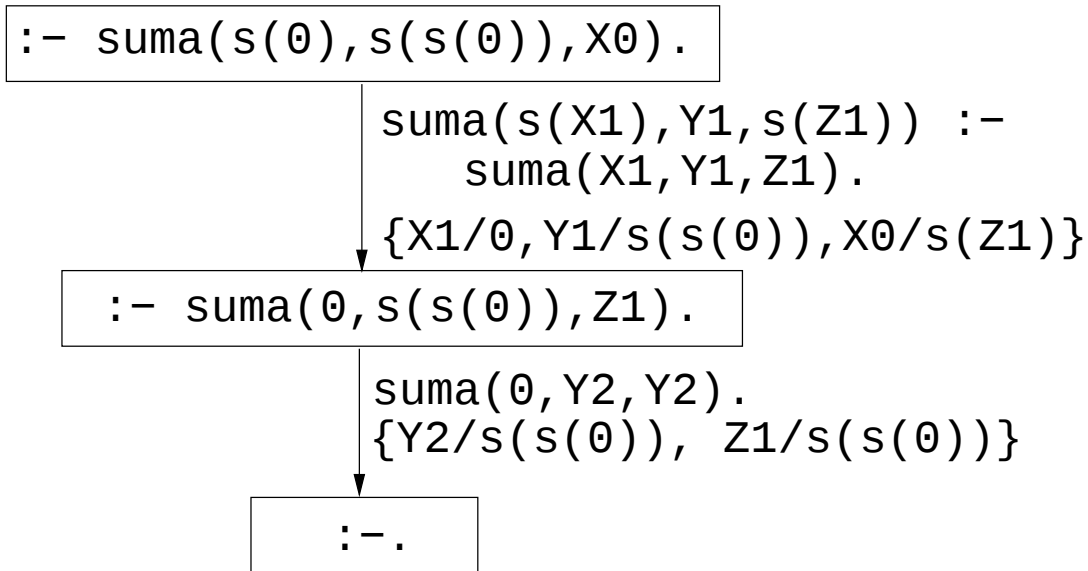
`?- suma(s(0),s(s(0)),X).`

`X = s(s(s(0)))`

`Yes`

Deducción Prolog en lógica funcional

- Árbol de deducción:



Resp.: $X = X0 = s(Z1) = s(s(s(0)))$

Deducción Prolog en lógica funcional

- Consulta:

- ¿Cuál es la resta de $s(s(s(0)))$ y $s(0)$?

- Sesión:

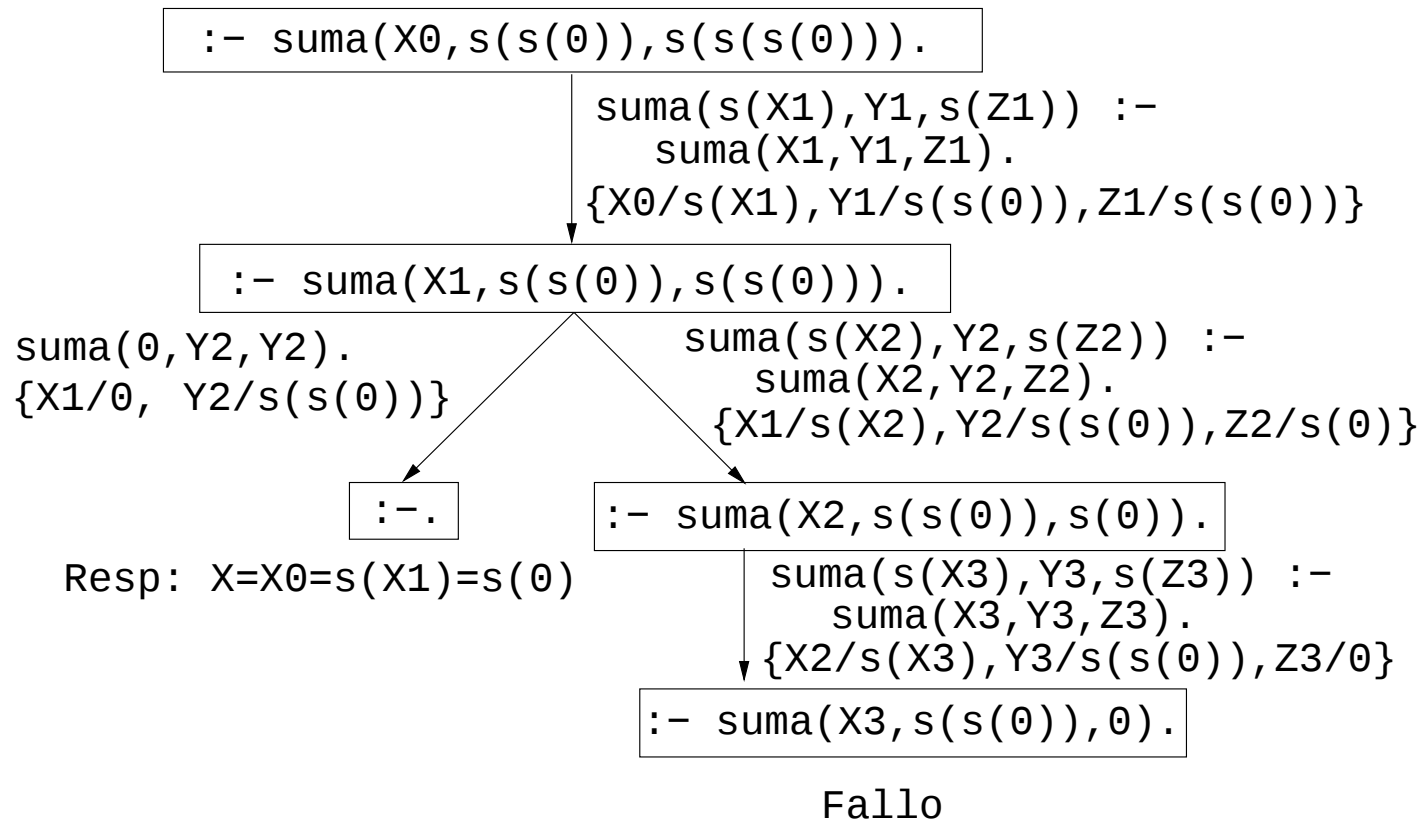
- ?- suma(X,s(s(0)),s(s(s(0)))).

- X = s(0) ;

- No

Deducción Prolog en lógica funcional

- Árbol de deducción:



Deducción Prolog en lógica funcional

- Consulta:

- Pregunta: ¿Cuáles son las soluciones de la ecuación

$$X + Y = s(s(0))?$$

- Sesión:

?- suma(X,Y,s(s(0))).

X = 0 Y = s(s(0)) ;

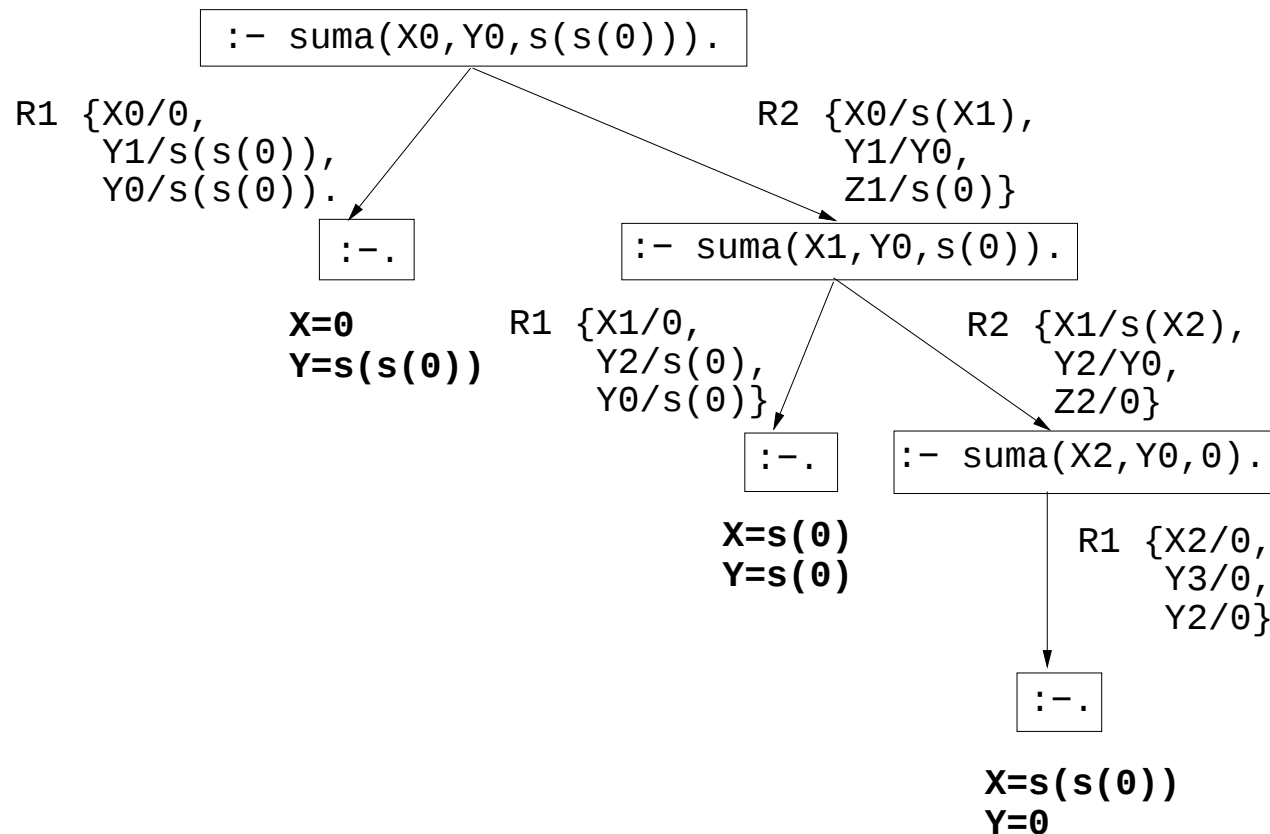
X = s(0) Y = s(0) ;

X = s(s(0)) Y = 0 ;

No

Deducción Prolog en lógica funcional

- Árbol de deducción:



Deducción Prolog en lógica funcional

- Consulta:
 - Pregunta: resolver el sistema de ecuaciones

$$1 + X = Y$$

$$X + Y = 1$$

- Sesión:

?- suma(s(0),X,Y), suma(X,Y,s(0)).

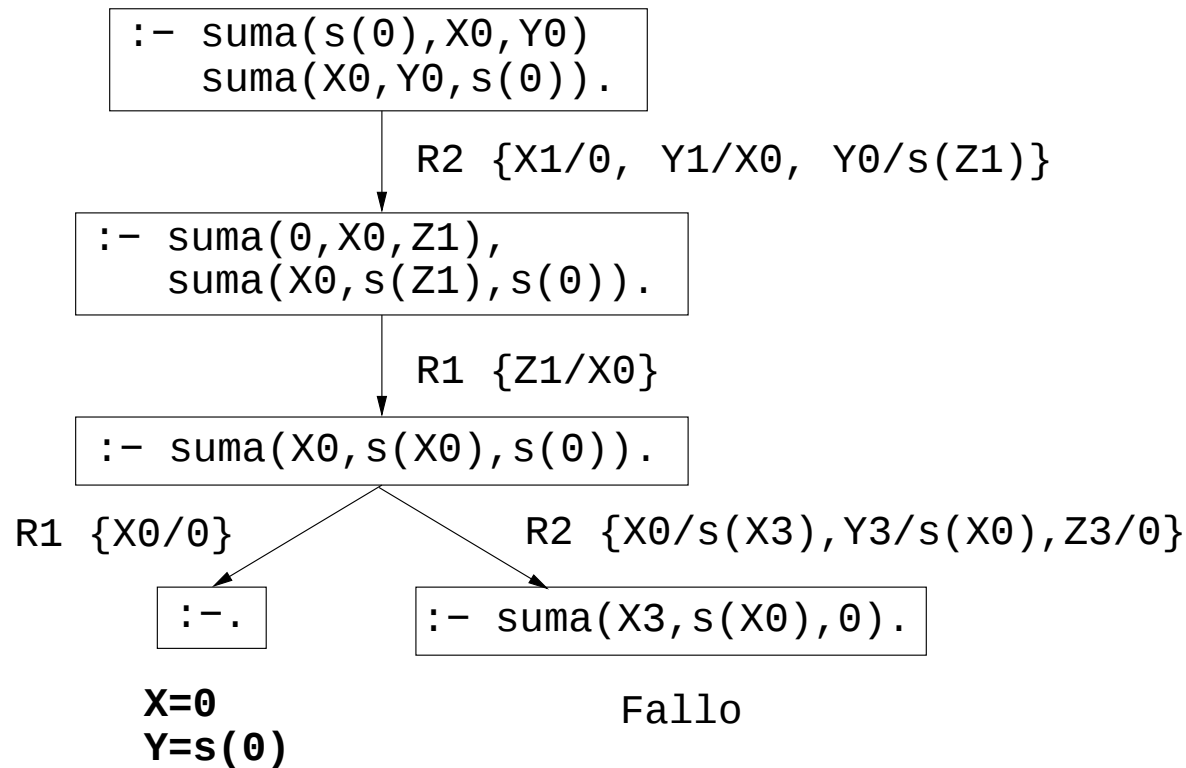
X = 0

Y = s(0) ;

No

Deducción Prolog en lógica funcional

- Árbol de deducción



Bibliografía

- Alonso, J.A. y Borrego, J. *Deducción automática (Vol. 1: Construcción lógica de sistemas lógicos)* (Ed. Kronos, 2002)
www.cs.us.es/~jalonso/libros/da1-02.pdf
 - Cap. 2: Introducción a la programación lógica con Prolog.
- Bratko, I. *Prolog Programming for Artificial Intelligence (2nd ed.)* (Addison–Wesley, 1990)
 - Cap. 1: “An overview of Prolog”
 - Cap. 2: “Syntax and meaning of Prolog programs”
- Clocksin, W.F. y Mellish, C.S. *Programming in Prolog (Fourth Edition)* (Springer Verlag, 1994)
 - Cap. 1: “Tutorial introduction”
 - Cap. 2: “A closer look”