



## Đặc tả Z (5)



## Giới thiệu

- o được đề xuất bởi Jean René Abrial ở Đại học Oxford
- o ngôn ngữ đặc tả hình thức được sử dụng rộng rãi nhất
- o dựa trên lý thuyết tập hợp
- o ký hiệu toán học
- o sử dụng các sơ đồ (schema)
  - dễ hiểu



## Giới thiệu

- Gồm bốn thành phần cơ bản
  - các kiểu dữ liệu (types)
    - dựa trên khái niệm tập hợp
  - các sơ đồ trạng thái (state schemas)
    - mô tả các biến và ràng buộc trên các biến
  - các sơ đồ thao tác (operation schemas)
    - mô tả các thao tác (thay đổi trạng thái)
  - các toán tử sơ đồ (schema operations)
    - định nghĩa các sơ đồ mới từ các sơ đồ đã có

3



## Kiểu dữ liệu

- mỗi kiểu dữ liệu là một **tập hợp** các phần tử
- Ví dụ
  - {true, false} : kiểu lô-gíc
  - N: kiểu số tự nhiên
  - Z: kiểu số nguyên
  - R: kiểu số thực
  - {red, blue, green}

4



## Kiểu dữ liệu

### o Các phép toán trên tập hợp

- Hội:  $A \cup B$
- Giao:  $A \cap B$
- Hiệu:  $A / B$
- Tập con:  $A \subseteq B$
- Tập các tập con:  $P A$ 
  - ví dụ:  $P \{a, b\} = \{\{\}, \{a\}, \{b\}, \{a, b\}\}$

5



## Kiểu dữ liệu

### o một số kiểu dữ liệu cơ bản đã được định nghĩa trước

- kiểu số nguyên  $Z$
- kiểu số tự nhiên  $N$
- kiểu số thực  $R$
- ...

### o có thể định nghĩa các kiểu dữ liệu mới

- $ANSWER == yes \mid no$
- $[PERSON]$ 
  - sử dụng cặp ký hiệu  $[$  và  $]$  để định nghĩa kiểu cơ bản mới

6



## Kiểu dữ liệu

- Khai báo kiểu

- $x : T$ 
  - $x$  là phần tử của tập  $T$

- Ví dụ

- $x : \mathbb{R}$
- $n : \mathbb{N}$
- $3 : \mathbb{N}$
- $\text{red} : \{\text{red}, \text{blue}, \text{green}\}$

7



## Vị từ

- Một vị từ (predicate) được sử dụng để định nghĩa các tính chất của biến/giá trị

- Ví dụ

- $x > 0$
- $\pi \in \mathbb{R}$

8



## Vị từ

- Có thể sử dụng các toán tử lô-gíc để định nghĩa các vị từ phức tạp
  - Và:  $A \wedge B$
  - Hoặc:  $A \vee B$
  - Phủ định:  $\neg A$
  - Kéo theo:  $A \Rightarrow B$
- Ví dụ
  - $(x > y) \wedge (y > 0)$
  - $(x > 10) \vee (x = 1)$
  - $(x > 0) \Rightarrow x/x = 1$
  - $(\neg (x \in S)) \vee (x \in T)$

9



## Vị từ

- Các toán tử khác
  - $(\forall x : T \bullet A)$ 
    - A đúng với **mọi** x thuộc T
    - Ví dụ:  $(\forall x : \mathbb{N} \bullet x - x = 0)$
  - $(\exists x : T \bullet A)$ 
    - A đúng với **một số** giá trị x thuộc T
    - Ví dụ:  $(\exists x : \mathbb{R} \bullet x + x = 4)$
  - $\{x : T \mid A\}$ 
    - biểu diễn các phần tử x của T thỏa mãn A
    - Ví dụ:  $\mathbb{N} = \{x : \mathbb{Z} \mid x \geq 0\}$

10



## Sơ đồ trạng thái

- o Cấu trúc sơ đồ trạng thái gồm

- tên sơ đồ
- khai báo biến
- định nghĩa vị từ

<i>SchemaName</i>	_____
<i>x : X</i>	_____
<i>Predicate</i>	_____

11



## Sơ đồ trạng thái

- o Đặc tả Z chứa

- các biến trạng thái
- khởi gán biến
- các thao tác trên các biến
- biến trạng thái có thể có các bất biến
  - điều kiện mà luôn đúng, biểu diễn bởi các vị từ

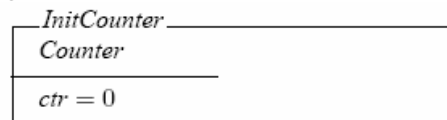
<i>Counter</i>	_____
<i>ctr : N</i>	_____
$0 \leq ctr \leq max$	_____

12



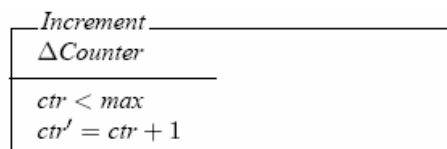
## Sơ đồ thao tác

- Khởi gán biến



- Khai báo thao tác trên biến

- kí hiệu  $\Delta$  biểu diễn biến trạng thái bị thay đổi bởi thao tác
- kí hiệu ' (dấu nháy đơn) biểu diễn giá trị mới của biến



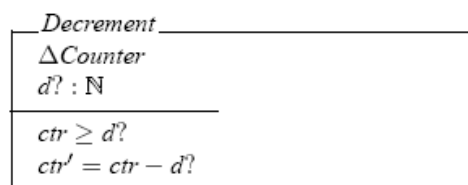
13



## Sơ đồ thao tác

- Thao tác có thể có các tham số vào và ra

- tên tham số vào kết thúc bởi kí tự "?"
- tên tham số ra kết thúc bởi kí tự "!"



14



## Sơ đồ thao tác

- Kí hiệu  $\Xi$  mô tả thao tác không thể thay đổi biến trạng thái

<i>Display</i>
$\Xi Counter$
$c! : \mathbb{N}$
$c! = ctr$

15



## Ví dụ 1

- Đặc tả hệ thống ghi nhận các nhân viên vào/ra tòa nhà làm việc
  - Kiểu dữ liệu  $[Staff]$  là kiểu cơ bản mới của hệ thống
  - Trạng thái của hệ thống bao gồm
    - tập hợp các người sử dụng hệ thống  $user$
    - tập hợp các nhân viên đang vào  $in$
    - tập hợp các nhân viên đang ra  $out$

<i>Log</i>
$users, in, out : \mathbb{P} Staff$
$in \cap out = \{\}$ $\wedge$
$in \cup out = users$

bất biến của hệ thống

16





## Ví dụ 1

- Đặc tả thao tác ghi nhận một nhân viên vào

<i>CheckIn</i>
$\Delta Log$
$name? : Staff$
$name? \in out$
$in' = in \cup \{name?\}$
$out' = out \setminus \{name?\}$
$users' = users$

17



## Ví dụ 1

- Đặc tả thao tác ghi nhận một nhân viên ra

<i>CheckOut</i>
$\Delta Log$
$name? : Staff$
$name? \in in$
$out' = out \cup \{name?\}$
$in' = in \setminus \{name?\}$
$users' = users$

18



## Ví dụ 1

- Đặc tả thao tác kiểm tra một nhân viên vào hay ra
  - Thao tác này cho kết quả là phần tử của kiểu  $QueryReply == is\_in \mid is\_out$
  - Đặc tả thao tác

$StaffQuery$	_____
$\exists Log$	
$name? : Staff$	
$reply! : QueryReply$	
_____	
$name? \in users$	
$name? \in in \Rightarrow reply! = is\_in$	
$name? \in out \Rightarrow reply! = is\_out$	

19



## Ví dụ 1

- Khởi tạo hệ thống

$InitLog$	_____
$Log$	
_____	
$users = \{\}$	
$in = \{\}$	
$out = \{\}$	

20



## Ví dụ 1

- Tóm lại
  - **Sơ đồ trạng thái:** các thành phần/đối tượng của hệ thống
  - **Bất biến:** ràng buộc giữa các đối tượng
  - **Các sơ đồ thao tác**
    - Điều kiện trên các tham số vào
    - Quan hệ giữa trạng thái trước và sau
    - Tham số kết quả
  - **Khởi gán**

21



## Ví dụ 1

- Hãy đặc tả các thao tác
  - Register: thêm vào một nhân viên mới
  - QueryIn: cho biết những nhân viên đang vào/làm việc

22



## Toán tử sơ đồ

- Các sơ đồ có thể được kết hợp để tạo ra các sơ đồ mới
- Các toán tử sơ đồ
  - Và:  $\wedge$
  - Hoặc:  $\vee$

23



## Toán tử sơ đồ

- Các sơ đồ đã có

$\frac{\text{Schema1}}{x : X; \quad y : Y}$	$\frac{\text{Schema2}}{z : Z; \quad x : X}$
$\frac{}{\mathcal{A}(x, y)}$	$\frac{}{\mathcal{B}(z, x)}$

- Tạo các sơ đồ mới

- Schema3 == Schema1  $\wedge$  Schema2
- Schema4 == Schema1  $\vee$  Schema2

$\frac{\text{Schema3}}{x : X; \quad y : Y; \quad z : Z}$	$\frac{\text{Schema4}}{x : X; \quad y : Y; \quad z : Z}$
$\frac{}{\mathcal{A}(x, y) \wedge \mathcal{B}(z, x)}$	$\frac{}{\mathcal{A}(x, y) \vee \mathcal{B}(z, x)}$

24



## Ví dụ 1 (tiếp)

- Cải tiến thao tác *StaffQuery*

- Thao tác *StaffQuery* chưa đặc tả trường hợp lỗi

- $name? \notin users$

<i>StaffQuery</i>	_____
$\exists Log$	
$name? : Staff$	
$reply! : QueryReply$	
$name? \in users$	
$name? \in in \Rightarrow reply! = is\_in$	
$name? \in out \Rightarrow reply! = is\_out$	

25



## Ví dụ 1 (tiếp)

- Cải tiến thao tác *StaffQuery*

- Đặc tả lại kiểu *QueryReply*

$QueryReply = is\_in \mid is\_out \mid not\_registered$

<i>BadStaffQuery</i>	_____
$\exists Log$	
$name? : Staff$	
$reply! : QueryReply$	
$name? \notin users$	
$reply! = not\_registered$	

- Khi đó

$RobustStaffQuery = StaffQuery \vee BadStaffQuery$

26



## Ví dụ 1 (tiếp)

- Cải tiến thao tác *CheckIn*

<i>CheckIn</i>
$\Delta Log$
$name? : Staff$
$name? \in out$
$in' = in \cup \{name?\}$
$out' = out \setminus \{name?\}$
$users' = users$

- Mở rộng thao tác cho trường hợp ghi nhận thành công

27



## Ví dụ 1 (tiếp)

- Cải tiến thao tác *CheckIn*

- Mở rộng thao tác cho trường hợp ghi nhận thành công

<i>Success</i>
$reply! : CheckInReply$
$reply! = ok$

- Khi đó

$$GoodCheckIn \equiv CheckIn \wedge Success$$

28



## Ví dụ 1 (tiếp)

- Cải tiến thao tác *CheckIn*
  - Xử lý thêm hai trường hợp lỗi
    1. *name?* đã được ghi nhận
    2. *name?* chưa được đăng ký

$\text{BadCheckIn1}$
$\exists \text{Log}$
$\text{name?} : \text{Staff}$
$\text{reply!} : \text{CheckInReply}$
$\text{name?} \in \text{in}$
$\text{reply!} = \text{already\_in}$

29



## Ví dụ 1 (tiếp)

- Cải tiến thao tác *CheckIn*
  - Xử lý thêm hai trường hợp lỗi

$\text{BadCheckIn2}$
$\exists \text{Log}$
$\text{name?} : \text{Staff}$
$\text{reply!} : \text{CheckInReply}$
$\text{name?} \notin \text{users}$
$\text{reply!} = \text{not\_registered}$

30



## Ví dụ 1 (tiếp)

- Cải tiến thao tác *CheckIn*

- Khi đó

$CheckInReply = ok \mid already\_in \mid not\_registered$

$RobustCheckIn = GoodCheckIn$   
 $\quad \vee BadCheckIn1$   
 $\quad \vee BadCheckIn2$

31



## Quan hệ

- **Cặp phần tử có thứ tự** được biểu diễn

- $(x, y)$

- **Tích Đề-các** của hai kiểu T1 và T2

- $T1 \times T2$
- $(x, y) : T1 \times T2$

32





## Quan hệ

- **Quan hệ** (relation) là tập các cặp phần tử có thứ tự

- Ví dụ:

$$\begin{aligned} \text{directory} = \{ & \text{mary} \mapsto 287573, \\ & \text{mary} \mapsto 398620, \\ & \text{john} \mapsto 829483, \\ & \text{jim} \mapsto 493028, \\ & \text{jane} \mapsto 493028 \} \end{aligned}$$
$$\text{directory} : \mathbb{P}(\text{Person} \times \text{Number})$$

33



## Quan hệ

- Có thể ký hiệu quan hệ
  - $T \leftrightarrow S \equiv P(T \times S)$
  - $\text{directory} : \text{Person} \leftrightarrow \text{Number}$

- Ánh xạ

- cặp phần tử có thứ tự  $(x, y)$  có thể viết  $x \mapsto y$

- Ví dụ  $\text{directory} = \{ \text{mary} \mapsto 287573, \text{mary} \mapsto 398620, \text{john} \mapsto 829483, \text{jim} \mapsto 493028, \text{jane} \mapsto 493028 \}$

- Lưu ý

- kí hiệu  $\leftrightarrow$  dành cho kiểu
- kí hiệu  $\mapsto$  dành cho giá trị

34



## Quan hệ

### Domain và Range

- tập hợp các thành phần thứ nhất trong một quan hệ được gọi là **domain** (miền)

- kí hiệu: *dom*

- ví dụ:

$$dom(directory) = \{mary, john, jim, jane\}$$

- tập hợp các thành phần thứ hai trong một quan hệ được gọi là **range**

- kí hiệu: *ran*

- ví dụ:

$$ran(directory) = \{287373, 398620, 829483, 493028\}$$

35



## Quan hệ

### Phép trừ miền (domain subtraction)

- ký hiệu:  $\triangleleft$

- $S \triangleleft R$  biểu diễn quan hệ  $R$  với các phần tử trong miền  $S$  đã bị loại bỏ

- Nghĩa là:

$$S \triangleleft R = \{x \mapsto y \mid (x \mapsto y) \in R \wedge x \notin S\}$$

36



## Quan hệ

- Phép trừ miền (domain subtraction)

- Ví dụ:  $directory = \{ mary \mapsto 287573, mary \mapsto 398620, john \mapsto 829483, jim \mapsto 493028, jane \mapsto 493028 \}$
- Khi đó:  $\{mary\} \triangleleft directory = \{ john \mapsto 829483, jim \mapsto 493028, jane \mapsto 493028 \}$

37



## Ví dụ 2

- Đặc tả danh bạ điện thoại gồm tên người và số điện thoại
  - Sử dụng kiểu cơ bản  
 $[Person, Phone]$
  - Đặc tả trạng thái hệ thống

$Directory$   
 $dir : Person \leftrightarrow Phone$

38



## Ví dụ 2

- Khởi tạo hệ thống

<i>InitDirectory</i>	_____
<i>Directory</i>	
$dir = \{\}$	

- Thêm một số điện thoại

<i>AddEntry</i>	_____
$\Delta Directory$	
$name? : Person$	
$number? : Phone$	
$dir' = dir \cup \{name? \mapsto number?\}$	

39



## Ví dụ 2

- Tìm số điện thoại của một người

<i>GetNumbers</i>	_____
$\exists Directory$	
$name? : Person$	
$numbers! : \mathbb{P} Phone$	
$numbers! = \{n : Phone \mid (name? \mapsto n) \in dir\}$	

có thể cải tiến ?

- Tìm tên theo số điện thoại

<i>GetNames</i>	_____
$\exists Directory$	
$number? : Phone$	
$names! : \mathbb{P} Person$	
$names! = \{p : Person \mid (p \mapsto number?) \in dir\}$	

40



## Ví dụ 2

- Xóa số điện thoại của một người

$RemoveEntry$	_____
$\Delta Directory$	
$name? : Person$	
$number? : Phone$	
$dir' = dir \setminus \{ name? \mapsto number? \}$	

41



## Ví dụ 2

- Xóa các mục trong danh bạ ứng với một tên

$RemoveName$	_____
$\Delta Directory$	
$name? : Person$	
$dir' = \{ name? \} \triangleleft dir$	

- Xóa các mục trong danh bạ ứng với một tập các tên

$RemoveNames$	_____
$\Delta Directory$	
$names? : \mathbb{P} Person$	
$dir' = names? \triangleleft dir$	

42



## Partial Function

- là quan hệ mà mỗi phần tử trong domain cho một giá trị duy nhất trong range
- ký hiệu

$$f : X \mapsto Y$$

- nghĩa là

$$\begin{aligned} f : X \mapsto Y \mid \\ \forall a : X; \quad b_1, b_2 : Y. \\ (a \mapsto b_1) \in f \wedge (a \mapsto b_2) \in f \Rightarrow b_1 = b_2 \end{aligned}$$

43



## Partial Function

- Ví dụ

$$\begin{aligned} dir1 = \{ & mary \mapsto 398620, \\ & john \mapsto 829483, \\ & jim \mapsto 493028, \\ & jane \mapsto 493028 \} \end{aligned}$$

- Có thể áp dụng các toán tử hàm

$$\{mary, john\} \triangleleft dir1 = \{jim \mapsto 493028, jane \mapsto 493028\}$$

44



## Partial Function

- o Toán tử *quá tải hàm* (Function Overriding)

- thay thế một mục vào bởi một mục mới
- ký hiệu

$$f \oplus \{x \mapsto y\}$$

- ví dụ

$$\begin{aligned} dir1 \oplus \{jim \mapsto 567325\} = & \{ mary \mapsto 398620, \\ & john \mapsto 829483, \\ & jim \mapsto 567325, \\ & jane \mapsto 493028 \} \end{aligned}$$

- lưu ý

$$f \oplus \{x \mapsto y\} = (\{x\} \triangleleft f) \cup \{x \mapsto y\}$$

45



## Ví dụ 3

- o Đặc tả hệ thống quản lý ngày sinh

- sử dụng kiểu cơ bản mới

$[Person, Date]$

- mỗi người chỉ có một ngày sinh duy nhất

$bb : Person \mapsto Date$
----------------------------

- khởi tạo hệ thống

$bb = \{\}$
-------------

46



## Ví dụ 3

- Thêm một người vào hệ thống

<i>Add</i>
$\Delta BirthdayBook$
$name? : Person$
$date? : Date$
$name? \notin \text{dom}(bb)$
$bb' = bb \cup \{ name? \mapsto date? \}$

47



## Ví dụ 3

- Chỉnh sửa ngày sinh

<i>Update</i>
$\Delta BirthdayBook$
$name? : Person$
$date? : Date$
$bb' = bb \oplus \{ name? \mapsto date? \}$

- Xóa một người

<i>Remove</i>
$\Delta BirthdayBook$
$name? : Person$
$bb' = \{ name? \} \triangleleft bb$

Điều gì xảy ra nếu  $name? \notin \text{dom}(bb)$

48





## Ví dụ 3

- o Tìm ngày sinh của một người

<i>Lookup</i>	
$\exists \text{BirthdayBook}$	
$name? : \text{Person}$	
$date! : \text{Date}$	
$name? \in \text{dom}(bb)$	
$date! = bb(name?)$	

49



## Ví dụ 3

- o Tìm ngày sinh của một người
  - trường hợp tìm không thấy

<i>BadLookup</i>	
$\exists \text{BirthdayBook}$	
$name? : \text{Person}$	
$r! : \text{LookupReply}$	
$name? \notin \text{dom}(bb)$	
$r! = \text{notknown}$	

$\text{LookupReply} == \text{ok} \mid \text{notknown}$

50



## Ví dụ 3

- o Tìm ngày sinh của một người
  - thông báo khi tìm thấy

$$\frac{\frac{\text{Success}}{r! : \text{LookupReply}}}{r! = \text{ok}}$$

- khi đó

$$\text{RobustLookup} == (\text{Lookup} \wedge \text{Success}) \vee \text{BadLookup}$$

51



## Ví dụ 3

- o Tìm những người cùng ngày sinh

$$\frac{\frac{\text{Who}}{\exists \text{BirthdayBook} \quad \text{date?} : \text{Date} \quad \text{names!} : \mathbb{P} \text{Person}}}{\text{names!} = \{ p : \text{Person} \mid p \in \text{dom}(bb) \wedge bb(p) = \text{date?} \}}$$

52



## Total Function

- định nghĩa ánh xạ từ tất cả giá trị của domain đến range

- ký hiệu

$$f : X \rightarrow Y$$

- nghĩa là

$$f : X \rightarrow Y \mid \text{dom}(f) = X$$

53



## Total Function

- Ví dụ

$$\text{square} : \mathbb{Z} \rightarrow \mathbb{Z}$$

$$\forall n : \mathbb{Z} \bullet$$

$$\text{square}(n) = n * n$$

$$\text{factorial} : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{N}$$

$$\forall i : \mathbb{N} \bullet$$

$$\text{factorial}(0) = 1$$

$$\text{factorial}(i + 1) = (i + 1) * \text{factorial}(i)$$

54



## Total Function

- Sử dụng để định nghĩa hằng số

$$\frac{c : T}{\mathcal{A}}$$

- Ví dụ

$$\frac{\min\_count, \max\_count : \mathbb{N}}{\begin{array}{l} \max\_count = 100 \\ 10 \leq \min\_count < \max\_count \end{array}}$$

55



## Các ký hiệu

### Toán tử lô-gíc

$\wedge$   
 $\vee$   
 $\neg$   
 $\Rightarrow$   
 $(\exists x \bullet P)$   
 $(\forall x \bullet P)$

### Tập hợp

$\{\dots\}$   
 $\{x \mid P\}$   
 $\in, \notin$   
 $\cup, \cap$   
 $\setminus$   
 $\mathbb{P}S$   
 $\mathbb{Z}, \mathbb{N}$   
 $S \subseteq T$   
 $S \times T$

### Quan hệ và Hàm

$S \leftrightarrow T$   
 $S \nleftrightarrow T$   
 $S \rightarrow T$   
 $x \mapsto y$   
 $f(x)$   
 $\text{dom}f, \text{ran}f$   
 $f \oplus g$   
 $S \triangleleft R$

56