

# سخنرانی: مدل سازی گسسته دینامیک

سید حسین عطارزاده نیاکی

بر اساس اسلایدهای ادوارد لی و پیتر مارودل

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

1

بررسی کنید

• طراحی سطح بالا (HLD)

- معماری

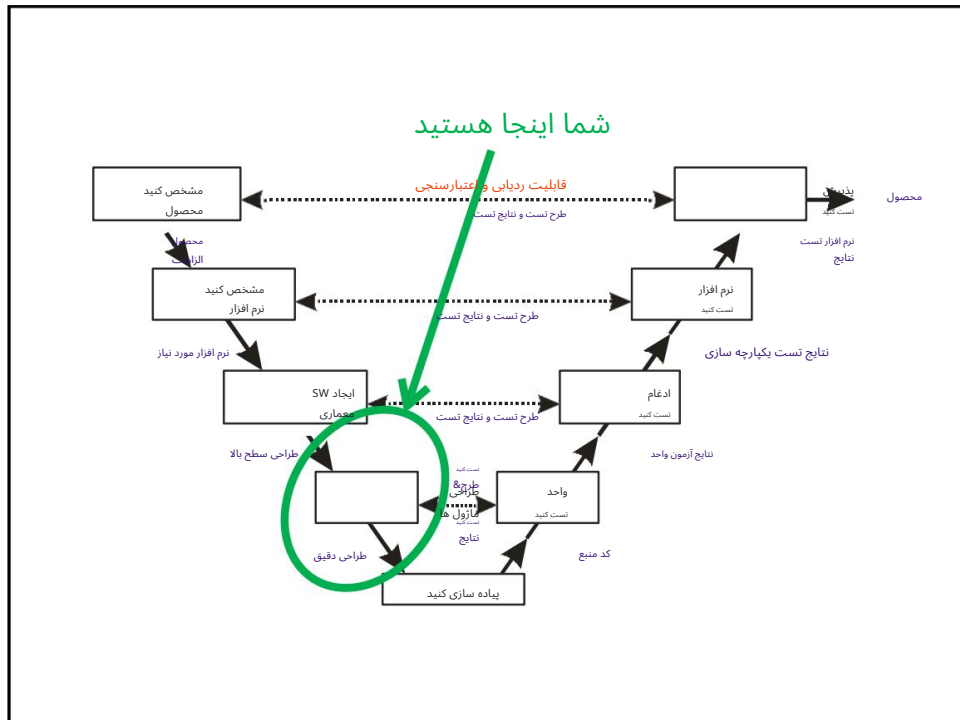
• زبان های توصیف معماری

- الزامات تصفیه شده

• نمودارهای توالی

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

2



## سیستم های گسسته

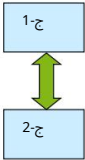
• گسسته = "به صورت جداگانه / مجزا"

• یک سیستم گسسته سیستمی است که در دنباله ای از مراحل گسسته عمل می کند یا دارای سیگنال هایی است که مقادیر گسسته ای دریافت می کنند.

• گفته می شود که دینامیک گسسته دارد.

# خلاصه: مدل های محاسبات

- «محاسبه کردن» به چه معناست؟
- مدل های محاسباتی تعریف می کنند:
- مولفه ها و یک مدل اجرایی برای محاسبات برای هر جزء
- مدل ارتباطی برای تبادل اطلاعات بین اجزا.



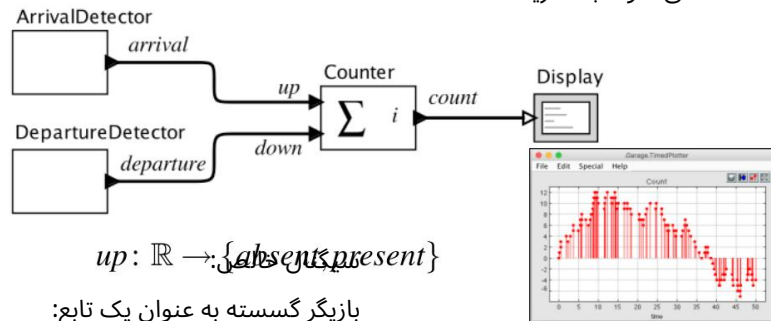
# مدل های محاسباتی

(در نظر گرفته شده توسط Marwedel)

ارتباط / محاسبات محلی	حافظه	ارسال پیام همزمان   ناهمزمان
اجزای تعریف نشده		متن ساده، موارد استفاده   نمودارهای توالی (پیام).
ارتباط ماشین های حالت محدود	StateCharts	SDL
جریان داده ها	Scoreboarding + Tomasulo (□ Comp.Archic.)	شبکه های کان، SDF
تورهای پتری		تورهای C/E، ... P/T
مدل رویداد گسسته. (DE)	Verilog*, SystemC*, ... VHDL*.	فقط سیستم های تجربی، به عنوان مثال DE توزیع شده در بطن میوس
C، C++، جاوا	فون نیومن مدل	C، C++، جاوا با کتابخانه ها CSP، ADA

## سیستم های گسسته: مثال مشکل طراحی

مثال: تعداد خودروهای موجود در گاراژ پارکینگ را با تشخیص آنهایی که وارد و خارج می شوند بشمارید:



$$up: \mathbb{R} \rightarrow \{absent, present\}$$

بازیگر گسسته به عنوان یک تابع:

$$Counter: (\mathbb{R} \rightarrow \{absent, present\})^P \rightarrow (\mathbb{R} \rightarrow \{absent\} \cup \mathbb{N})$$

$$P = \{up, down\}$$

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

7

## انعکاس

• یک سیگنال گسسته چه ویژگی های (ریاضی) باید داشته باشد؟

$$e: \mathbb{R} \rightarrow \{absent\} \cup X.$$

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

8

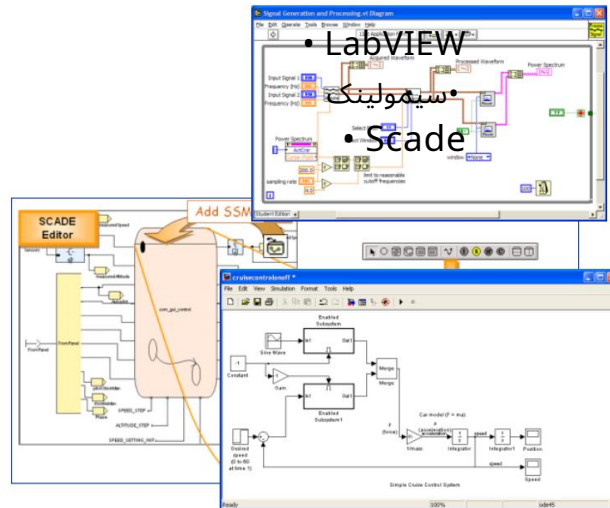
## زبان های مدلینگ بازیگر / چارچوب ها

• ...

• راکتورها

• StreamIT

• ...



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

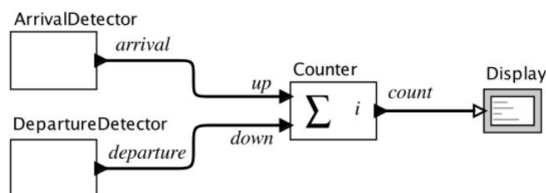
9

## واکنش / گذار

For any  $t \in \mathbb{R}$  where  $up(t) \neq absent$  or  $down(t) \neq absent$  the Counter **reacts**. It produces an output value in  $\mathbb{N}$  and changes its internal **state**.

حالت: وضعیت سیستم در یک نقطه خاص از زمان

• همه چیز را در مورد گذشته که بر واکنش سیستم به ورودی فعلی تأثیر می گذارد، رمزگذاری می کند



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

10

## انعکاس

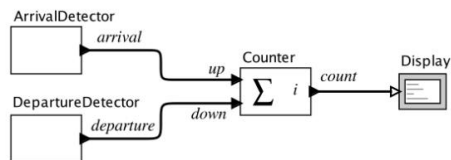
چه سناریوهایی وجود دارد که طراحی پارکینگ (رابط) داده شده به خوبی از عهده آنها بر نمی آید؟

For  $t \in \mathbb{R}$  the inputs are in a set

$$Inputs = (\{up, down\} \rightarrow \{absent, present\})$$

and the outputs are in a set

$$Outputs = (\{count\} \rightarrow \{absent\} \cup \mathbb{N}),$$



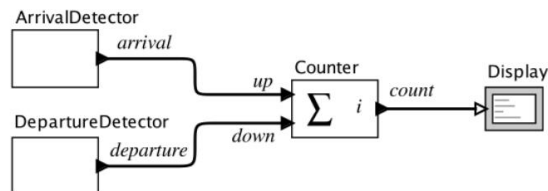
سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

11

## فضای ایالتی

A practical parking garage has a finite number  $M$  of spaces, so the state space for the counter is

$$States = \{0, 1, 2, \dots, M\}.$$



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

12

## ماشین حالت محدود (FSM)

- FSM

-مدلی از یک سیستم با دینامیک گسسته  
-در هر واکنش، ارزش گذاری ورودی ها را ترسیم می کند

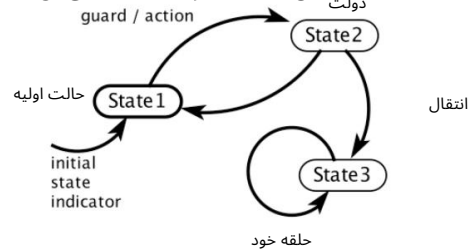
ارزیابی خروجی ها

-نقشه ممکن است به وضعیت فعلی آن بستگی داشته باشد  
دولت

• انتقال

-نگهبانان

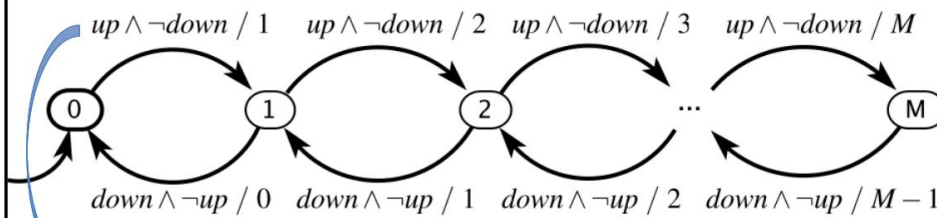
-اقدامات



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

13

## ماشین حالت محدود شمارنده گاراز (FSM) در تصاویر



Guard  $g \subseteq Inputs$  is specified using the shorthand

$$up \wedge \neg down$$

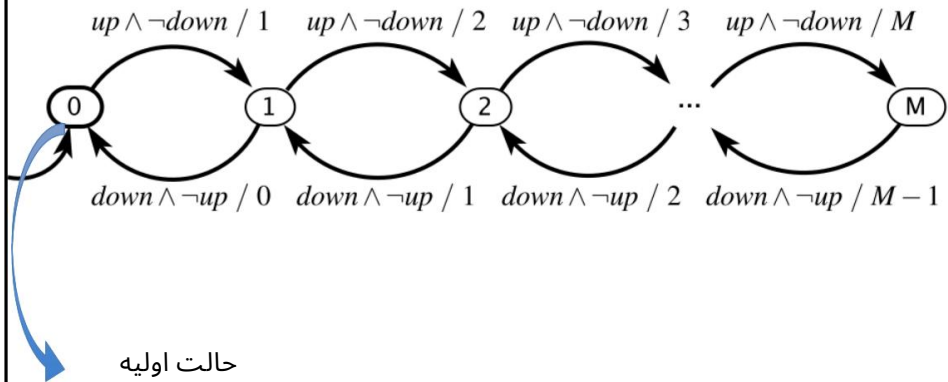
which means

$$g = \{\{up\}\}.$$

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

14

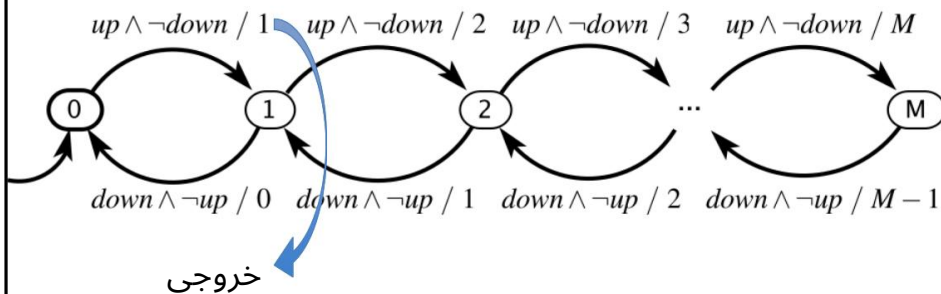
## ماشین حالت محدود شمارنده گاراژ (FSM) در تصاویر



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

15

## ماشین حالت محدود شمارنده گاراژ (FSM) در تصاویر

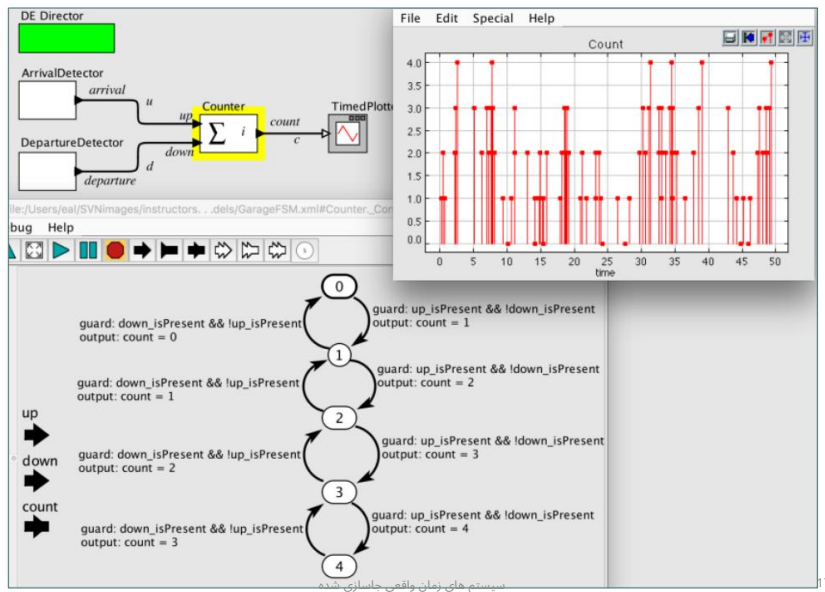


سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

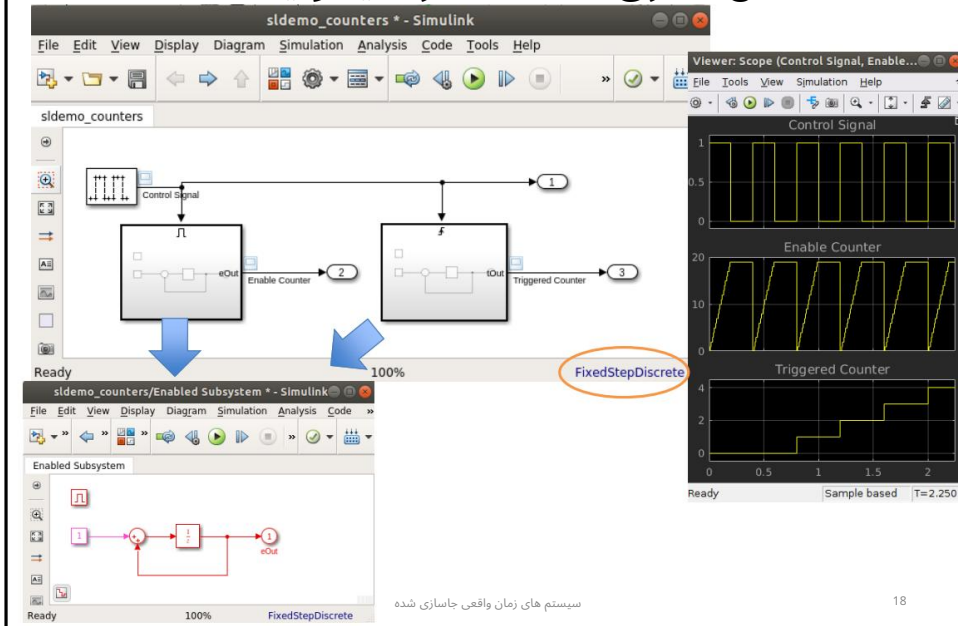
16



## مدل بظلمیوس دوم



## مدل سازی گسسته در سیمولینک



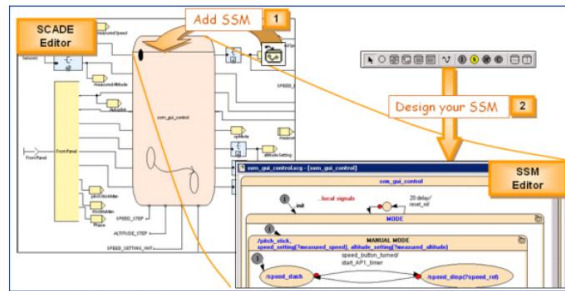
## زبانهای مدلسازی / FSM چارچوب ها

• نمودارهای وضعیت LabVIEW

• Simulink Stateflow

• Scade

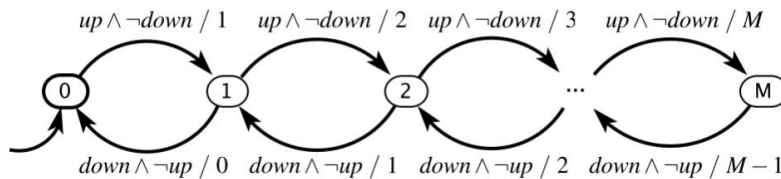
• ...



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

19

## مدل ریاضی شمارنده گاراژ



Formally:  $(States, Inputs, Outputs, update, initialState)$ , where

- $States = \{0, 1, \dots, M\}$
- $Inputs = (\{up, down\} \rightarrow \{absent, present\})$
- $Outputs = (\{count\} \rightarrow \{absent\} \cup \mathbb{N})$
- $update : States \times Inputs \rightarrow States \times Outputs$
- $initialState = 0$

تصویر بالا عملکرد  
به روز رسانی را  
مشخص می کند.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

20

## نمونه هایی از محافظ برای سیگنال های خالص

$true$	Transition is always enabled.
$p_1$	Transition is enabled if $p_1$ is <i>present</i> .
$\neg p_1$	Transition is enabled if $p_1$ is <i>absent</i> .
$p_1 \wedge p_2$	Transition is enabled if both $p_1$ and $p_2$ are <i>present</i> .
$p_1 \vee p_2$	Transition is enabled if either $p_1$ or $p_2$ is <i>present</i> .
$p_1 \wedge \neg p_2$	Transition is enabled if $p_1$ is <i>present</i> and $p_2$ is <i>absent</i> .

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

21

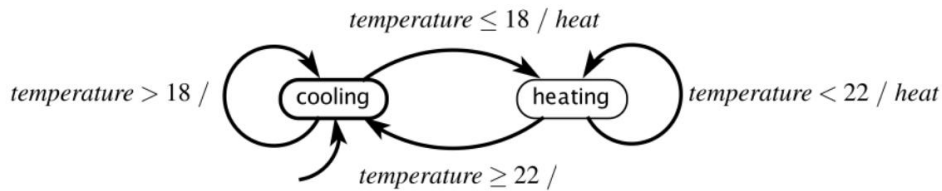
## نمونه هایی از محافظ برای سیگنال با مقادیر عددی

$p_3$	Transition is enabled if $p_3$ is <i>present</i> (not <i>absent</i> ).
$p_3 = 1$	Transition is enabled if $p_3$ is <i>present</i> and has value 1.
$p_3 = 1 \wedge p_1$	Transition is enabled if $p_3$ has value 1 and $p_1$ is <i>present</i> .
$p_3 > 5$	Transition is enabled if $p_3$ is <i>present</i> with value greater than 5.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

22

## نمونه مدل مودال : ترموستات



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

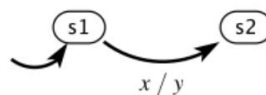
23

## چه زمانی یک واکنش رخ می دهد؟

• تعریف FSM زمان آن را مشخص نمی کند

واکنش نشان می دهد.

input:  $x \in \{present, absent\}$   
output:  $y \in \{present, absent\}$



فرض کنید همه ورودی ها گسسته هستند و زمانی که هر ورودی وجود دارد واکنشی رخ می دهد . سپس هر زمان که حالت فعلی s1 باشد و x وجود داشته باشد، انتقال فوق انجام خواهد شد .

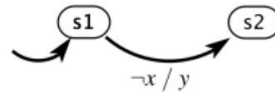
این یک مدل با رویداد است .

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

24

## چه زمانی یک واکنش رخ می دهد؟

input:  $x \in \{present, absent\}$   
output:  $y \in \{present, absent\}$



فرض کنید  $x$  و  $y$  سیگنال های گسسته و خالص هستند.  
چه زمانی انتقال رخ می دهد؟

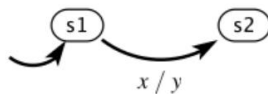
پاسخ: وقتی محیط واکنشی را ایجاد می کند و  $x$  وجود ندارد.  
اگر این یک مدل (کامل) با رویداد باشد، هرگز انتقال انجام نخواهد شد زیرا واکنش تنها زمانی رخ می دهد که  $x$  وجود داشته باشد!

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

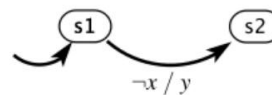
25

## چه زمانی یک واکنش رخ می دهد؟

input:  $x \in \{present, absent\}$   
output:  $y \in \{present, absent\}$



input:  $x \in \{present, absent\}$   
output:  $y \in \{present, absent\}$



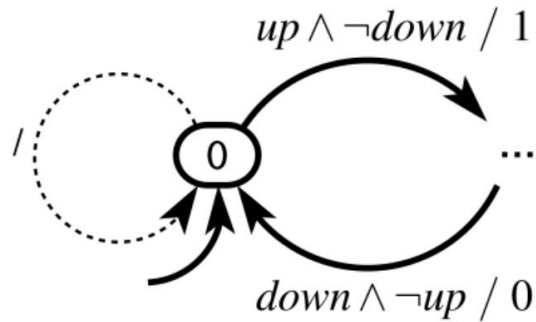
فرض کنید همه ورودی ها گسسته هستند و یک واکنش در تیک یک ساعت خارجی رخ می دهد.

این یک مدل با زمان است .

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

26

## نماد بیشتر: انتقال های پیش فرض

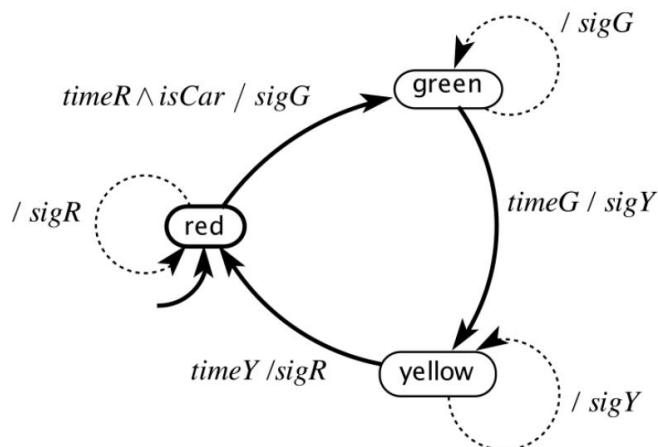


• اگر حالت 0 و یک ماشین حرکت کند چه اتفاقی می افتد؟  
 • یک انتقال پیش فرض در صورتی فعال می شود که هیچ انتقال غیرپیش فرض فعال نباشد و یا محافظ نداشته باشد یا محافظ به درستی ارزیابی کند. چه زمانی انتقال پیش فرض بالا فعال می شود؟

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

27

## مثال: کنترل کننده چراغ راهنمایی



فقط در صورتی که انتقال های پیش فرض محافظت شده باشند یا خروجی هایی تولید کنند (یا به حالت های دیگر بروند) نشان داده شود.

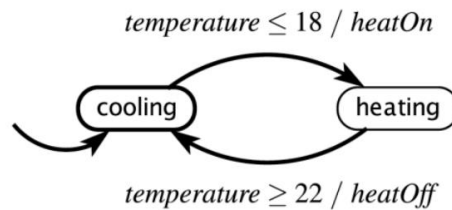
سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

28

جایی که انتقال پیش‌فرض نیازی ندارد

نشان داده شود

**input:**  $temperature : \mathbb{R}$   
**outputs:**  $heatOn, heatOff : \text{pure}$



تمرین: از این تصویر، مدل ریاضی رسمی را بسازید.

سیستم‌های زمان واقعی جاسازی شده

29

## ماشین آلات میلی و مور

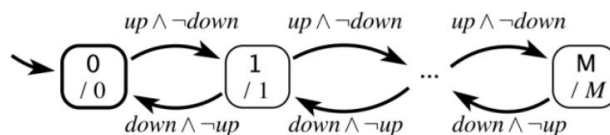
• ماشین‌های حالتی که در این سخنرانی توضیح می‌دهیم

به عنوان ماشین‌های Mealy شناخته می‌شوند.

• ماشین مور خروجی‌ها را زمانی تولید می‌کند که ماشین در یک حالت

است، نه زمانی که یک انتقال انجام می‌شود.

**inputs:**  $up, down : \text{pure}$   
**output:**  $count : \{0, \dots, M\}$



سیستم‌های زمان واقعی جاسازی شده

30



## برخی از تعاریف

• **انتقال لکنت:** پیش فرض (احتمالاً ضمنی).

انتقالی که در صورت عدم وجود ورودی ها فعال می شود، حالت را تغییر نمی دهد و خروجی های غایب تولید می کند.

• **پذیرش:** برای هر مقدار ورودی، مقداری انتقال فعال است. ساختار ما همراه با انتقال پیش فرض ضمنی تضمین می کند که MSF های ما پذیرا هستند.

• **جبرگرای:** در هر حالت، برای همه مقادیر ورودی، دقیقاً یک انتقال (احتمالاً ضمنی) فعال است.

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

32



انعکاس:

## سه نوع انتقال

• حلقه خود

• انتقال پیش فرض

## •انتقال لکنت

1. آیا یک انتقال پیش فرض همیشه یک حلقه خود است؟

2. آیا انتقال لکنت زبان همیشه یک حلقه خود است؟

3. آیا خود حلقه همیشه لکنت دارد؟

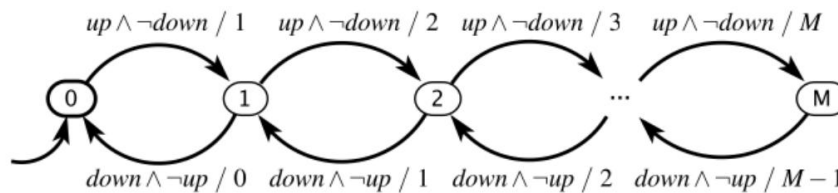
سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

33

## نمونه پیشخوان گاراژ

آیا مدل زیر با خانم های بزرگ قابل مدیریت است؟

inputs:  $up, down \in \{present, absent\}$

$$\text{output} \in \{0, \dots, M\}$$


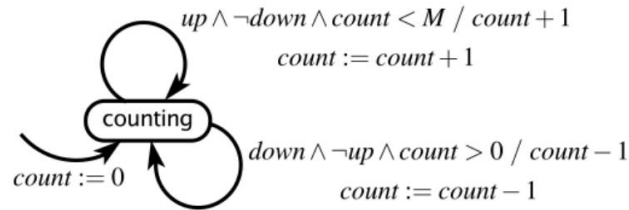
سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

34

## ماشین های حالت توسعه یافته

ماشین های حالت توسعه یافته مدل FSM را با متغیرهایی که ممکن است خوانده یا نوشته شوند تقویت می کنند. به عنوان مثال:

variable:  $count \in \{0, \dots, M\}$   
 inputs:  $up, down \in \{present, absent\}$   
 output  $\in \{0, \dots, M\}$



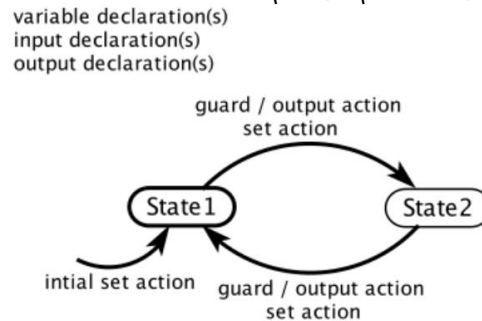
سوال: اندازه فضای حالت چقدر است؟

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

35

## نماد عمومی برای ماشین های حالت توسعه یافته

ما اعلان های صریح متغیرها، ورودی ها و خروجی ها را برای کمک به تمایز این سه اعلام می کنیم.



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

36

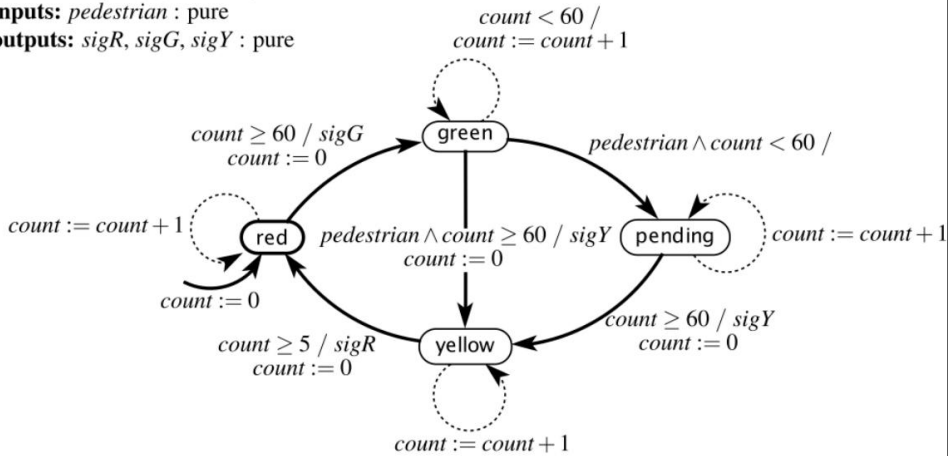
## مدل ماشین حالت توسعه یافته کنترل کننده چراغ راهنمایی در گذرگاه عابر

پیاده

**variable:**  $count: \{0, \dots, 60\}$

**inputs:**  $pedestrian: \text{pure}$

**outputs:**  $sigR, sigG, sigY: \text{pure}$



این مدل یک واکنش در ثانیه را فرض می کند  
(یک مدل با زمان راه اندازی)

37

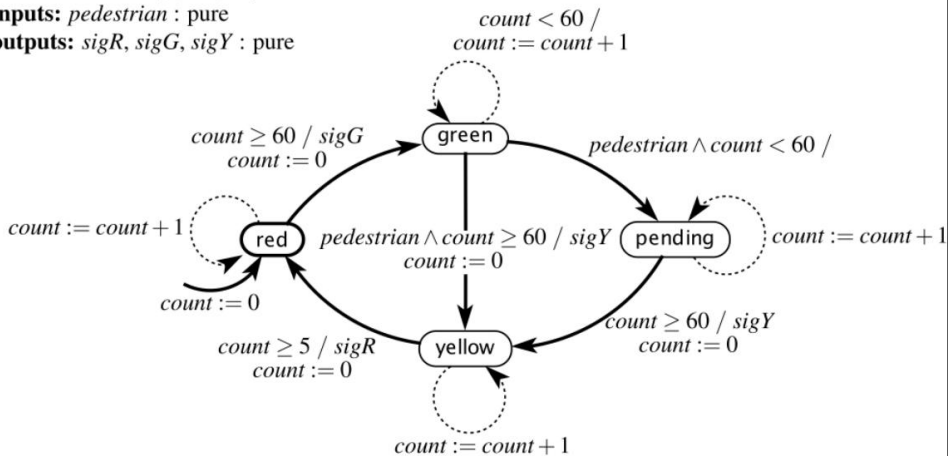
## آزمون: اندازه فضای دولتی برای کنترل کننده چراغ راهنمایی

چقدر است؟

**variable:**  $count: \{0, \dots, 60\}$

**inputs:**  $pedestrian: \text{pure}$

**outputs:**  $sigR, sigG, sigY: \text{pure}$

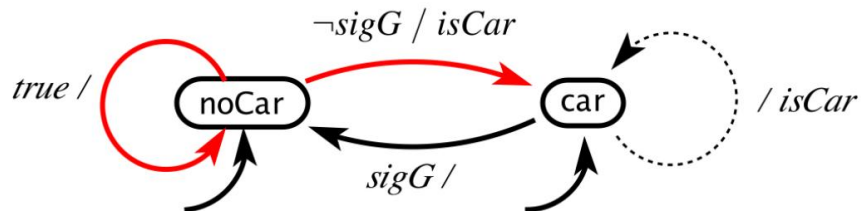


سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

38

## مثال: FSM غیر قطعی

مدل محیط برای چراغ راهنمایی، انتزاعی با استفاده از غیر قطعی:



به طور رسمی، تابع به روز رسانی با چنین تابعی جایگزین می شود:

$$\text{possibleUpdates} : \text{States} \times \text{Inputs} \rightarrow 2^{\text{States} \times \text{Outputs}}$$

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

39

## کاربردهای غیر قطعی گرایی

• مدل سازی جنبه های ناشناخته محیط یا سیستم

-مانند: چگونه محیط جهت ربات را تغییر می دهد

• پنهان کردن جزئیات در مشخصات سیستم

-متن را ببینید

دلیل دیگری وجود دارد که چرا FSM های غیر قطعی ممکن است بر  
FSM های قطعی ترجیح داده شوند؟

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

40

## اندازه مهم است

FSM های غیر قطعی فشرده تر از FSM های قطعی هستند

• یک نتیجه کلاسیک در تئوری خودکار نشان می دهد که یک FSM غیر قطعی دارای یک FSM مرتبط است که از نظر فنی معادل است.

• اما ماشین قطعی، در بدترین حالت، حالت های بسیار بیشتری دارد (تعداد حالت های ماشین غیر قطعی، ضمیمه B).

سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

41

## رفتار غیر قطعی:

### درخت محاسبات

• برای یک دنباله ورودی ثابت:

- یک سیستم قطعی یک رفتار واحد از خود نشان می دهد

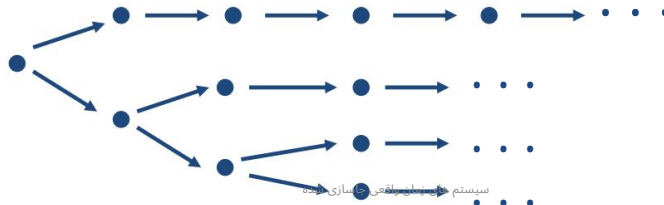
- یک سیستم غیر قطعی مجموعه ای از رفتارها را نشان می دهد

• به عنوان یک درخت محاسباتی تجسم شده است

رفتار قطعی: FSM



رفتار FSM غیر قطعی:



سیستم های زمان واقعی جاسازی شده

42

## غیر قطعی / احتمالی / تصادفی

در یک FSM احتمالی، هر انتقال دارای یک احتمال مرتبط است که با آن گرفته می شود.

در یک FSM غیر قطعی، چنین احتمالی مشخص نیست. ما فقط می دانیم که هر یک از انتقال های فعال شده از یک حالت را می توان گرفت.

## سخنرانی بعدی

• اتومات های زمان دار

• سیستم های هیبریدی

• فصل 4 LeeSshia را بخوانید