

زبان های توصیف سخت افزار و مدارها

امیر خورسندی

بهار ۱۴۰۲



دانشگاه صنعتی اصفهان
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

ماڻھين حالت



امير خورسندی

مقدمه

✓ ماشین حالت برای پیاده سازی توابع کنترلی مفید است.

✓ عملکردهای مختلف به صورت متوالی کنترل می شوند.

✓ بر اساس روش تولید خروجی، دو نوع ماشین حالت میلی و مور در Verilog قابل پیاده سازی است.



ماشین حالت مور

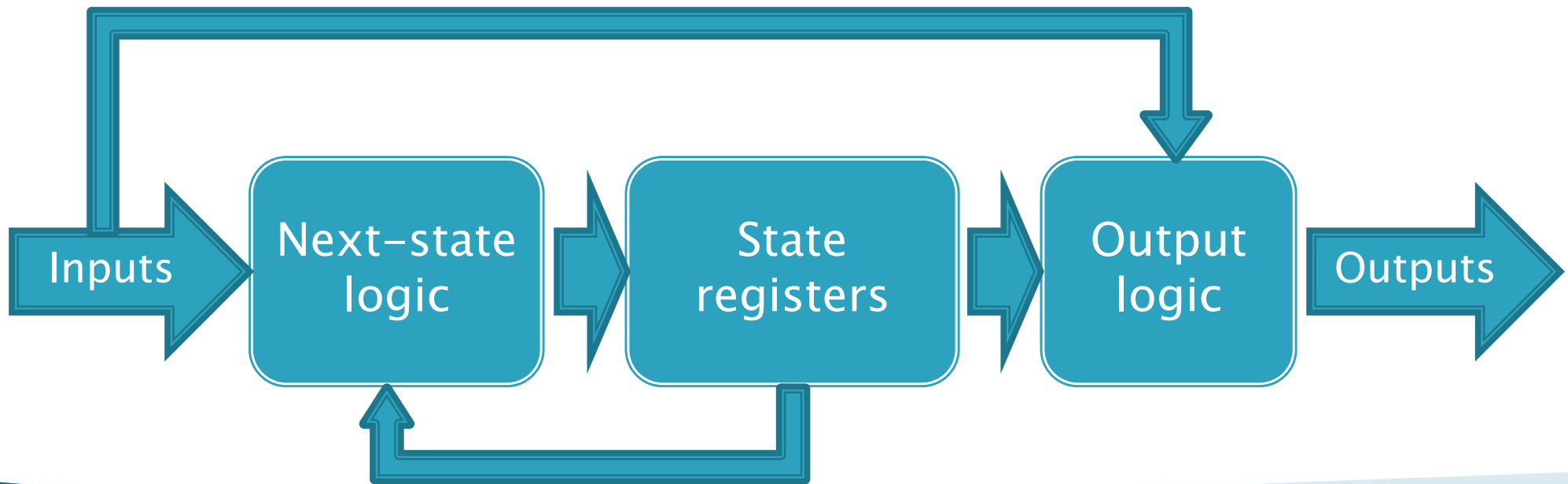
✓ خروجی تابعی از وضعیت کنونی است.

✓ خروجی ها همزمان با تغییرات حالت تغییر می کنند.



ماشین حالت میلی

✓ خروجی تابعی از ورودی ها و وضعیت کنونی است.



ساختار ماشین حالت

✓ ماشین حالت را می توان به سه بخش تقسیم کرد:

- بلوک تولیدکننده خروجی
- بلوک تولیدکننده حالت بعدی
- رجیستر حالت



ماشین حالت
امیر خورسندی

ساختار ماشین حالت (ادامه)

✓ هر یک از بخش ها به صورت جداگانه و یا همزمان با هر بخش دیگر نوشته می شوند.

✓ می توان بر اساس نوع طراحی هر بخش، روش طراحی متفاوت برای ماشین حالت در نظر گرفت.



روش های پیاده سازی ماشین حالت

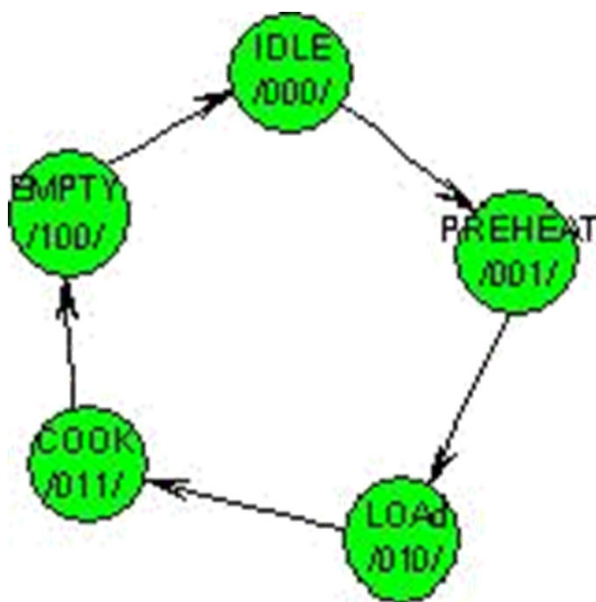
مولد خروجی	مولد حالت بعد	رجیستر حالت	
مجزا	مجزا	مجزا	روش اول
مجزا	ترکیبی	ترکیبی	روش دوم
ترکیبی	ترکیبی	مجزا	روش سوم
ترکیبی	ترکیبی	ترکیبی	روش چهارم
ترکیبی	مجزا	ترکیبی	روش پنجم



ماشین حالت
امیر خورسندی

مثال : ماشین پخت غذا

✓ دستگاه غذای خام را گرفته و غذای پخته شده تحویل می دهد.



مثال : ورودی های ماشین پخت غذا

ورودی های کنترلی	
زمان	clock
فرمان شروع	start
فرمان درجه حرارت مناسب قبل از شروع پخت	temp_ok
فرمان پایان عملیات پخت	done
فرمان قطع / وصل بودن بوق	quiet



ماشین حالت
امیر خورسندی

مثال : خروجی های ماشین پخت غذا

خروجی ها	
فرمان بارگذاری غذا	load
فرمان شروع گرم کردن	heat
فرمان خروج غذا	unload
اعلام پایان پخت غذا	beep



ماشین حالت
امیر خورسندی

روش اول طراحی ماشین حالت

- ✓ هر قسمت در یک بلوک always مدل می شود.
- ✓ بخش تولید حالت بعدی بر اساس حالت فعلی و ورودی ها عمل می کند.
- ✓ بخش مولد خروجی می تواند حساس به تغییرات حالت یا ورودی ها مدل شود.



روش اول طراحی ماشین حالت (ادامه)

- ✓ این روش ساخت یافته ترین روش است.
- ✓ کد آن طولانی ولی بسیار ساده است.
- ✓ می تواند برای مدل کردن ماشین مور یا میلی به کار رود.
- ✓ تنها تفاوت دو ماشین فوق در این روش، نحوه نوشتن لیست حساسیت بلوک مولد خروجی است.



روش دوم طراحی ماشین حالت

✓ رجیستر حالت و مدار مولد حالت بعدی با یکدیگر ادغام می شوند.

✓ مدار مولد حالت بعدی بر اساس تخییرات پالس ساعت عمل می کند.

✓ این روش فشرده تر و بعضاً بهینه تر از روش اول است.

✓ چون بلوک مولد خروجی مستقل از بلوک دیگر نوشته می شود، می توان هر دو نوع ماشین حالت را مدل کرد.



روش سوم طراحی ماشین حالت

- ✓ رجیستر حالت جداگانه نوشته می شود.
- ✓ مدار مولد خروجی و حالت بعدی به صورت یک جا و در یک بلوک رفتاری مدل می شوند.
- ✓ این ترکیب می تواند برای مدل کردن هر دو نوع ماشین حالت استفاده شود.
- ✓ گویایی این روش نسبت به روش قبل کمتر است.



روش چهارم طراحی ماشین حالت

- ✓ هر سه بخش در یک بلوک نوشته می شود.
- ✓ بلوک باید به لبه پالس ساعت حساس باشد.
- ✓ خروجی **نمی تواند** به تغیرات ورودی حساس باشد، پس این روش برای مدل کردن ماشین های میلی به کار نمی رود.



روش پنجم طراحی ماشین حالت

✓ رجیستر حالت و مدار مولد خروجی در یک بلوک طراحی می شوند.

✓ این بلوک باید به لبه پالس ساعت حساس باشد.

✓ تنها برای مدل کردن ماشین مور به کار می رود.



روش های کد کردن حالت

- ✓ کد کردن حالت در حجم و عملکرد مدار اثر دارد.
- ✓ کد کردن حالت سبب کاهش تخییرات ناگهانی در مدار می شود.



کد کردن ترتیبی

✓ ساده ترین روش کد کردن است.

کد	حالت
000	IDLE
001	PREHEAT
010	LOAD
011	COOK
100	EMPTY



ماشین حالت
امیر خورسندی

روش های کد کردن حالت

می توان کدگذاری را در راستای ساده شدن logic مدار مولد خروجی انجام داد.

❖ مثال:

- خروجی heat باید در حالت های PREHEAT، LOAD و COOK فعال شود.
- می توان حالت ها را به گونه ای کد کرد که یکی از بیت های این حالت ها به عنوان خروجی heat استفاده گردد.



روش های کد کردن حالت (ادامه)

کد	حالت
000	IDLE
100	PREHEAT
111	LOAD
110	COOK
001	EMPTY



ماشین حالت
امیر خورسندی

کد گری

- ✓ هر تغيير حالت تنها در برابر تغيير يك بيت مي باشد.
- ✓ در ماشين هاي كه در جهات مختلف پرش دارند به دست آوردن اين كد سخت است.



کد گری (ادامه)

کد	حالت
000	IDLE
100	PREHEAT
110	LOAD
111	COOK
101	EMPTY



ماشین حالت
امیر خورسندی

کد کردن خروجی برابر حالت

✓ هر خروجی یک بیت در کد حالت دارد.

✓ ممکن است برای ایجاد کدهای متمایز برای حالاتی که خروجی ها در آن ها وضعیت یکسانی دارند، مجبور به اضافه کردن بیت های دیگری نیز بشویم.



کد کردن خروجی برابر حالت

حالت	کد	load	heat	unload	beep
IDLE	00000	0	0	0	0
PREHEAT	01000	0	1	0	0
LOAD	11000	1	1	0	0
COOK	01010	0	1	0	0
EMPTY	00101	0	0	1	1



روش One Hot

✓ در این روش به هر حالت یک بیت اختصاص داده می شود.

✓ تعداد فلیپ فلاپ ها نسبت به روش های دیگر بیشتر است.

✓ مدار سریع تر خواهد بود.



روش One Hot (ادامه)

حالت	کد
IDLE	10000
PREHEAT	01000
LOAD	00100
COOK	00010
EMPTY	00001



ماشین حالت
امیر خورسندی

شرایط پیش فرض

✓ برای تعیین وضعیت ماشین حالت در حالات تعیین نشده به کار می رود.

✓ می تواند با استفاده از بخش default در دستور case بلوک مولد حالت بعدی پیاده سازی شود.

✓ این کار سبب افزایش حجم logic ها می شود.



انواع خروجی ها

✓ خروجی ها می توانند به صورت رجیستر شده و یا خروجی یک مدار ترکیبی باشند.

✓ خروجی رجیستر شده حجم مدار را افزایش می دهد ولی در عوض با تاخیر کمتری نسبت به لبه پالس آماده می شود.



ماشین حالت ضمنی

always begin

```
@(posedge clock);  
while (!start) @(posedge clock);  
heat = 1;  
load = 1;  
@(posedge clock);  
while (!temp_ok) @(posedge clock);  
load = 1;  
@(posedge clock) load = 0;  
@(posedge clock);  
while (!done) @(posedge clock);  
heat = 0;  
unload = 1;  
if (!quiet) beep = 1;  
@(posedge clock) unload = 0;  
beep = 0;
```

end



ماشین حالت
امیر خورسندی

جمع بندی

مزیت	روش
بیشترین خوانایی	روش اول
فشرده ترین مدار برای هر دو نوع ماشین میلی و مور	روش دوم
سریعترین مدار مولد حالت بعد	کد One-Hot
کمترین تاخیر پالس ساعت به خروجی	کد برابر حالت و خروجی رجیستر شده
حداقل انرژی مصرفی	کد گری



ماشین حالت
امیر خورسندی