



راهنمای استفاده از نرم افزار Modelsim

بر اساس نسخه

Modelsim-Altera Starter Edition 10.1 d

تحلیل شبیه سازی





راهنمای پیش‌رو برای آموزش کار با نرم‌افزار Modelsim متعلق به شرکت Altera تهیه شده است. کلیه حقوق این اثر متعلق به گروه ICEEP دانشگاه تهران است. هر گونه تکثیر از این اثر منوط به اجازه‌ی کتبی پدیدآورندگان این راهنما در گروه ICEEP می‌باشد.

WWW.ICEEP.IR

رند بازبینی

| نسخه | تاریخ | نسخه ی Modelsim |
|------|---------|-------------------------------|
| ۱,۰ | ۹۲/۹/۳۰ | Altera Starter Edition 10.1 d |

www.ICEEP.ir

فهرست

| | |
|----|-----------------------------|
| ۷ | فصل ۱: پیشگفتار..... |
| ۹ | فصل ۲: تحلیل شبیه‌سازی..... |
| ۱۲ | ۱-۲- پنجره‌ی Structure..... |
| ۱۴ | ۲-۲- پنجره‌ی Objects..... |
| ۱۶ | ۳-۲- پنجره‌ی Wave..... |
| ۲۱ | ۴-۲- پنجره‌ی Processes..... |
| ۲۲ | ۵-۲- پنجره‌ی watch..... |
| ۲۳ | ۶-۲- پنجره‌ی ویرایش کد..... |
| ۲۴ | ۷-۲- عیب‌یابی..... |
| ۲۶ | واژه‌نامه..... |

فهرست شکل‌ها

- شکل (۱-۲) فایل‌های Verilog یابنده ی ۱۰۱ ۱۰
- شکل (۲-۲) شروع شبیه‌سازی به کمک پنجره ی Start Simulation ۱۱
- شکل (۳-۲) نمای کلی از محیط شبیه‌سازی در نرم‌افزار Modelsim ۱۲
- شکل (۴-۲) اضافه کردن آیتم‌هایی از پنجره ی Structure به پنجره ی Wave ۱۴
- شکل (۵-۲) نمایش سیگنال‌ها در پنجره ی Objects ۱۵
- شکل (۶-۲) اضافه کردن آیتم‌هایی از پنجره ی Objects به پنجره ی Wave ۱۶
- شکل (۷-۲) نمایی کلی از پنجره ی Wave و اجزای آن ۱۷
- شکل (۸-۲) برخی نوار ابزارهای مفید پنجره ی Wave ۱۸
- شکل (۹-۲) تغییر مبنای اعداد در پنجره ی Wave ۲۰
- شکل (۱۰-۲) کادر نشانه‌گرهای پنجره ی Wave ۲۱
- شکل (۱۱-۲) نمایش پردازش‌های فعال در پنجره ی Processes ۲۱
- شکل (۱۲-۲) مشاهده مقادیر سیگنال‌ها در پنجره ی Watch ۲۲
- شکل (۱۳-۲) پنجره ی ویرایش کد در محیط شبیه‌سازی ۲۳
- شکل (۱۴-۲) مدیریت نقاط انفصال از پنجره ی Modify Breakpoints ۲۴
- شکل (۱۵-۲) برخی نوار ابزارهای مفید محیط شبیه‌سازی ۲۵

فهرست جدول‌ها

جدول (۱-۲) تشریح برخی نوار ابزارهای مفید پنجره‌ی Wave.....۱۸

جدول (۲-۲) تشریح برخی نوار ابزارهای مفید محیط شبیه‌سازی.....۲۵

www.ICEEP.ir



فصل اول

پیشگفتار

در راهنماهای نصب و راه اندازی و راه اندازی اولیه، به بررسی نحوه‌ی استفاده از نرم افزار Modelsim-Altera Starter Edition از جمله شبیه سازی با ModelSim پرداختیم، اما قابلیت های شبیه سازی این نرم افزار به آنچه که در آنجا بیان شد خلاصه نمی شود، لذا در این راهنما به تحلیل شبیه سازی ها خواهیم پرداخت.

بدیهی است گفتار پیش رو برای آن دسته از افرادی که دو راهنمای مذکور از این سری را مطالعه کرده اند و یا افرادی که با این نرم افزار آشنایی ابتدایی داشته و خواهان کسب اصلاحات بیشتر در این زمینه هستند، مفید خواهد بود.

فصل دوم

تحلیل شبیه‌سازی

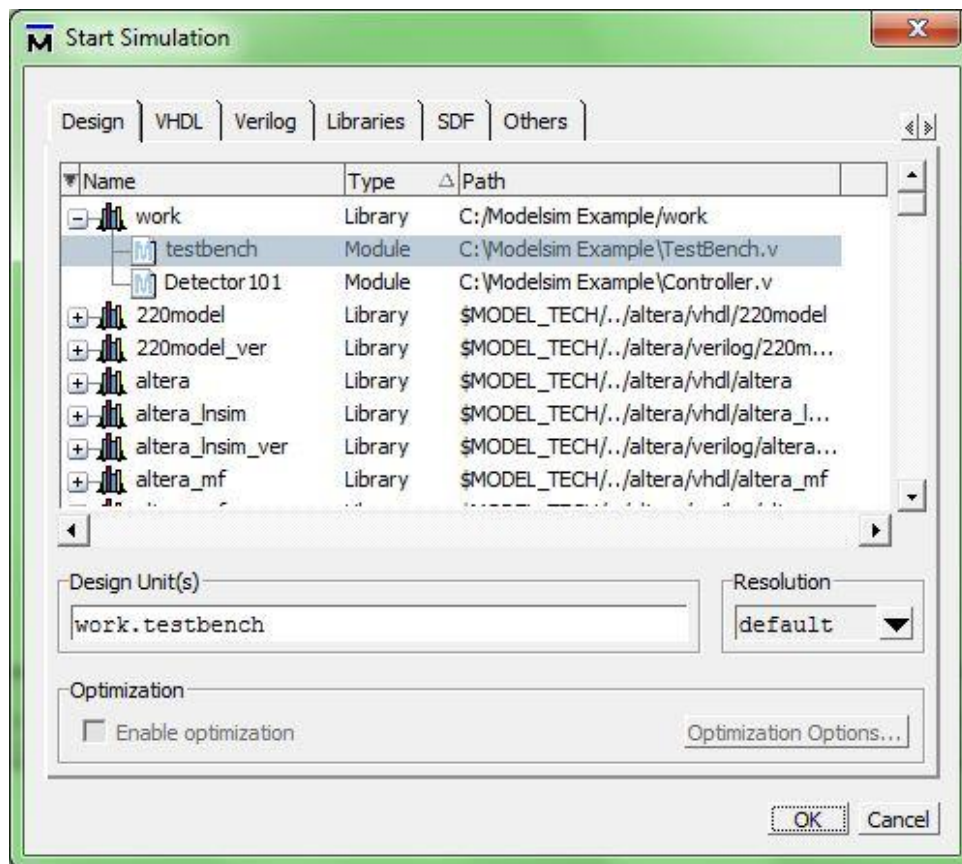
برای آشنایی با قابلیت‌های این بخش از یک مثال استفاده می‌کنیم. در زیر کدهای یک یابنده ی ۱۰۱ و فایل آزمون مربوطه را مشاهده می‌کنید. پروژه‌ی جدیدی در ModelSim باز می‌نماییم، فایل‌های زیر را به آن اضافه و کامپایل می‌کنیم.

```

1 module Detector101 (clk,rst,a,detected);
2 input clk,rst,a;
3 output reg detected;
4 reg [1:0] ps,ns;
5 always @(*)
6 begin
7     detected=0;ns=0;
8     case (ps)
9         0:
10            if (a==1)
11                ns=1;
12            else
13                ns=0;
14        1:
15            if (a==1)
16                ns=1;
17            else
18                ns=2;
19        2:
20            if (a==1)
21                begin
22                    ns=0;
23                    detected=1;
24                end
25            else
26                ns=0;
27        endcase
28    end
29    always@(posedge clk or posedge rst)
30    if (rst)
31        ps<=0;
32    else
33        ps<=ns;
34    endmodule
35
1 `timescale 1ns/1ns
2 module testbench();
3 wire detected;
4 reg a,clk,rst;
5 Detector101 uut (clk,rst,a,detected);
6 initial
7     repeat (50) #10 clk=~clk;
8     initial
9     begin
10        a=0;
11        rst=0;
12        #14
13        rst=1;
14        #20
15        rst=0;
16        #20
17        a=1;
18        #20
19        a=0;
20        #20
21        a=0;
22        #20
23        a=1;
24        #20
25        a=0;
26        #20
27        a=1;
28        #20
29        a=0;
30        #20
31        a=1;
32        #20
33        a=1;
34        #20
35        a=0;
36    end
37 endmodule
    
```

شکل (۲-۱) فایل‌های Verilog یابنده‌ی ۱۰۱

از نوار منوها **Simulate > Start Simulation...** را انتخاب می‌کنیم. پنجره‌ی آغاز شبیه‌سازی باز می‌شود.



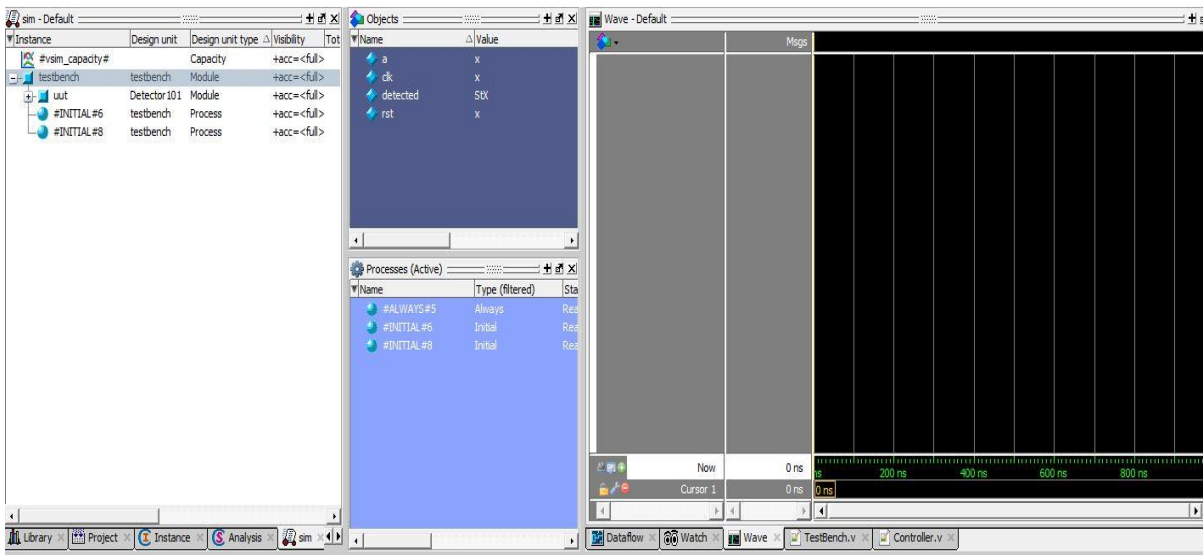
شکل (۲-۲) شروع شبیه‌سازی به کمک پنجره‌ی Start Simulation

در این پنجره در کتابخانه‌ی work واحد Testbench را انتخاب می‌کنیم و OK را می‌فشاریم.

بدین ترتیب محیط شبیه‌سازی باز خواهد شد.

در زیر نمایی از تعدادی از پنجره‌های محیط شبیه‌سازی را مشاهده می‌کنید، در ادامه به شرح

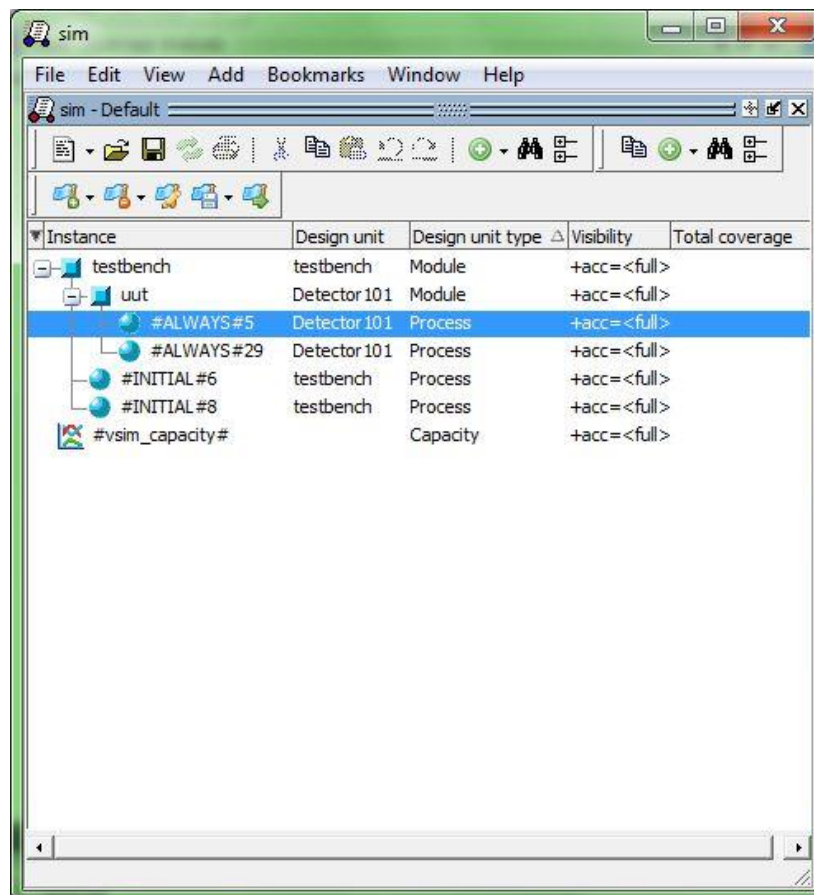
جداگانه‌ی این پنجره‌ها می‌پردازیم.



شکل (۲-۳) نمای کلی از محیط شبیه سازی در نرم افزار Modelsim

۲-۱- پنجره Structure

در این پنجره ساختمان^۱ اولویت بندی شده از پروژهای در حال شبیه سازی را مشاهده می کنید.

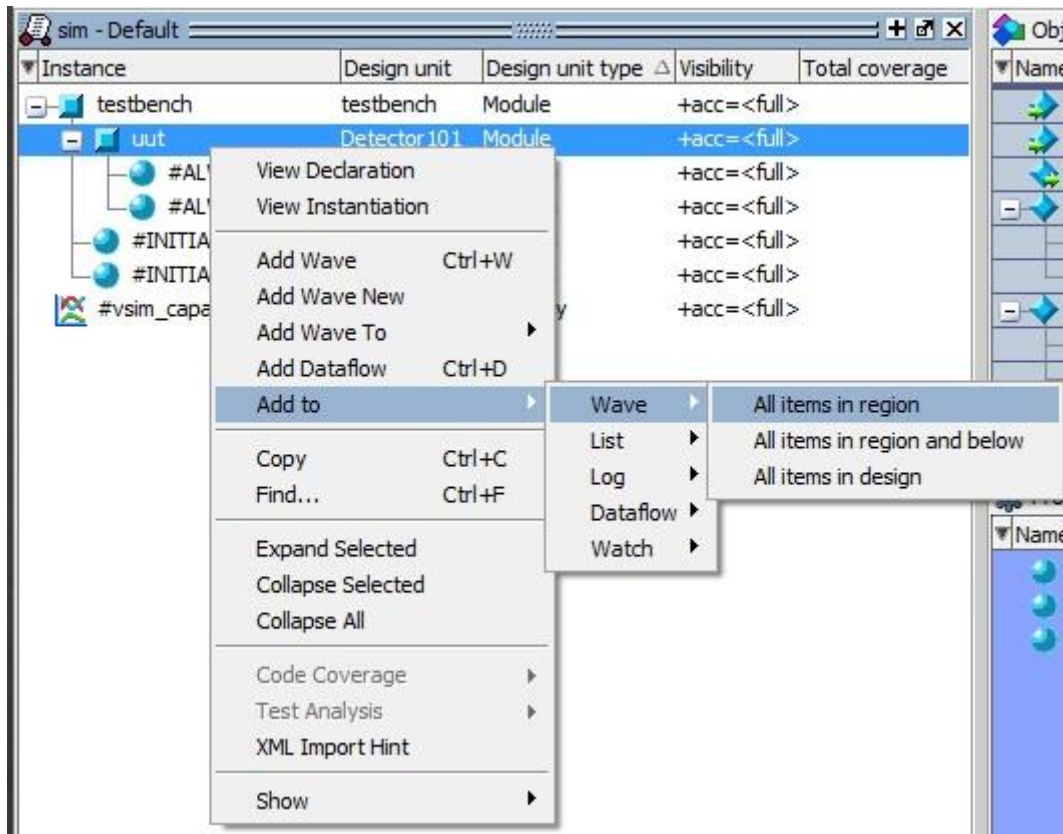


نمایش ساختمان اولویت بندی شده واحدهای طراحی در پنجره Structure

در این پنجره بلوک^۱ها و نمونه های موجود در پروژه با مشخص شدن واحد طراحی، نوع واحد طراحی و اطلاعات دیگر قابل مشاهده است.

- برای مشاهده ی کد مربوط به هر نمونه از پروژه کافی است روی آن دوبار کلیک نمایید.
- برای اضافه کردن تمام سیگنال های هر بخش به پنجره ی Wave (یا پنجره های شبیه سازی دیگر به طور مشابه) می توانید روی بخش مورد نظر راست کلیک کرده و `Add to >Wave>All item in region` را انتخاب نمایید.

^۱ block

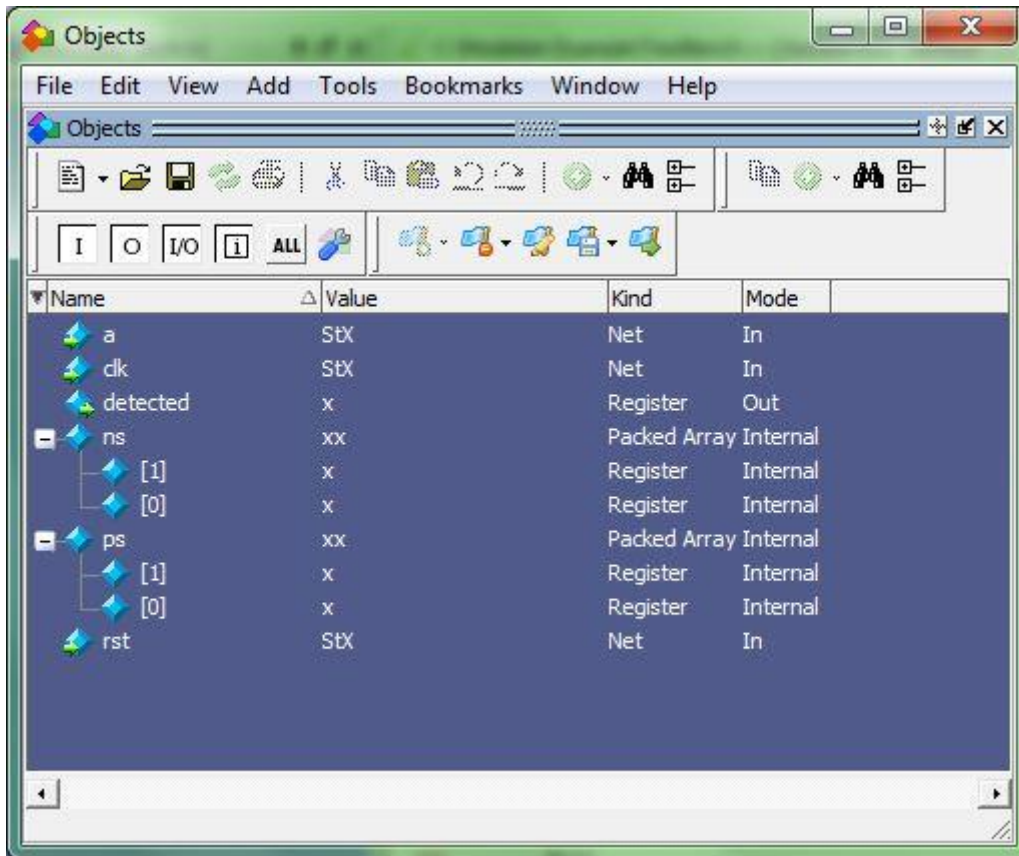


شکل (۲-۴) اضافه کردن آیتم‌هایی از پنجره Structure به پنجره Wave

۲-۲- پنجره Objects

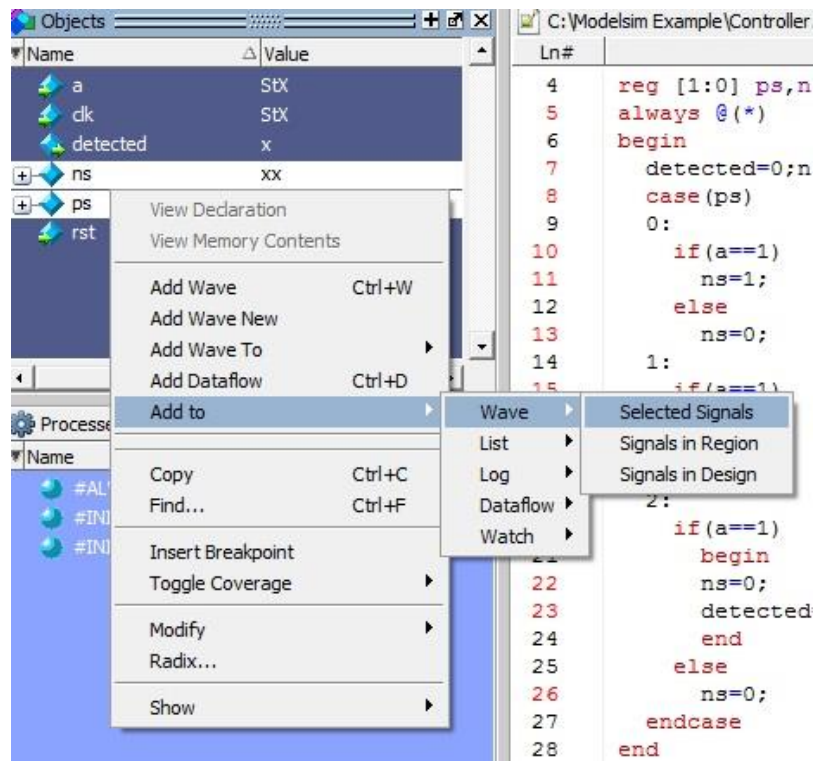
در این پنجره سیگنال‌ها، رجیسترها و ... (به طور کلی اشیاء) انتخاب شده در پنجره

Structure به همراه مقدار کنونی نمایش داده می‌شوند.



شکل (۲-۵) نمایش سیگنال‌ها در پنجره‌ی Objects

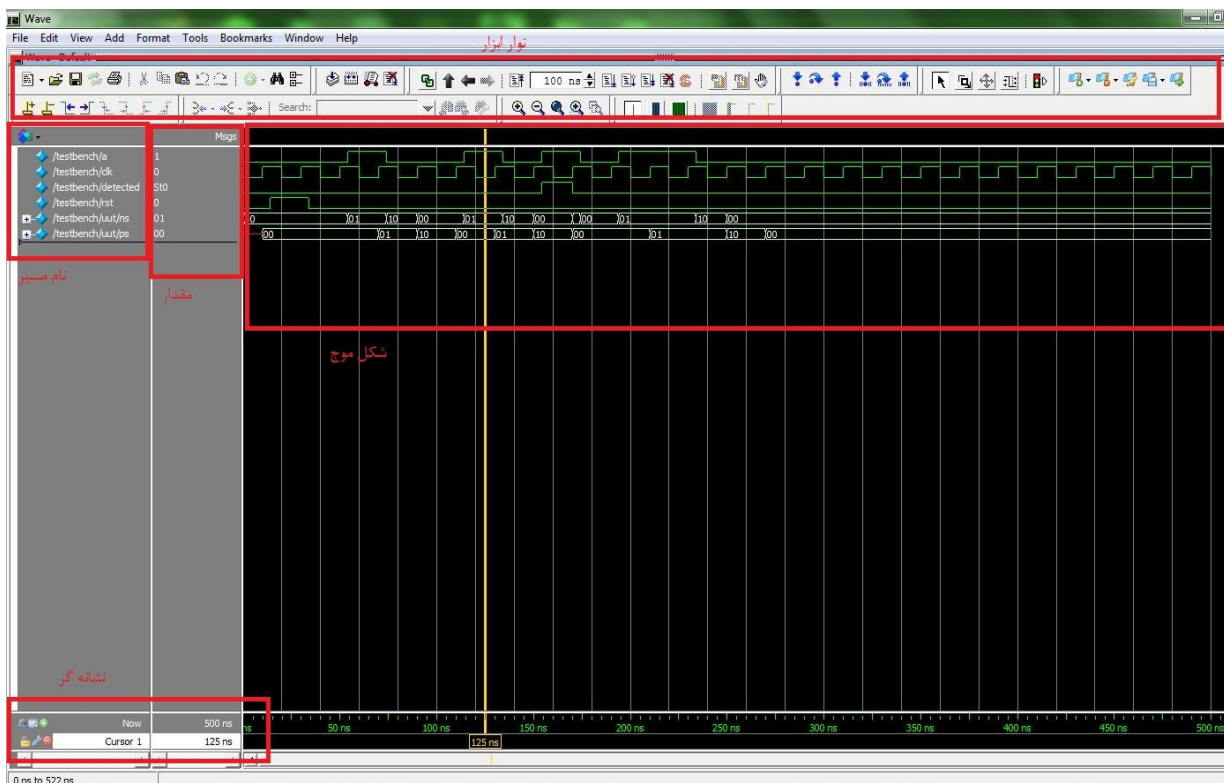
- برای اضافه کردن شیء یا اشیاء خاصی به پنجره‌ی Wave (یا سایر پنجره‌های شبیه‌سازی) کافیست آنها را انتخاب کرده راست کلیک نموده و Add to >Wave>selected signals را انتخاب نمایید.



شکل (۲-۶) اضافه کردن آیتم‌هایی از پنجره Objects به پنجره Wave

۲-۳- پنجره Wave

این پنجره نتایج شبیه‌سازی را به صورت شکل موج^۱ نمایش می‌دهد.



شکل (۲-۷) نمایی کلی از پنجره‌ی Wave و اجزای آن

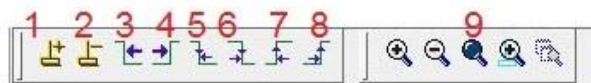
برای اینکه شکل موج سیگنال مورد نظر را بعد از اجرای شبیه‌سازی در این پنجره مشاهده نماییم باید آن را قبل از اجرا به این پنجره اضافه نماییم. در تشریح پنجره‌های Structure و Objects دو روش برای اضافه کردن بیان کردیم روش‌های دیگری هم برای این کار وجود دارد از جمله استفاده کردن از کشیدن و رها کردن سیگنال مورد نظر (کافیست شیء‌های مورد نظر از پنجره‌ی Objects را کشیده و در پنجره‌ی Wave رها نمایید).

اکنون به توضیح قسمت‌های مختلف پنجره‌ی Wave می‌پردازیم:

• نوار ابزار

در پنجره‌ی Wave علاوه بر نوار ابزار خود نرم‌افزار چند آئتم دیگر هم به این ابزارها اضافه

شده است که به دلیل کاربرد زیاد به شرح برخی از آنها می پردازیم:



شکل (۸-۲) برخی نوار ابزارهای مفید پنجره Wave

توضیح آیتم‌ها:

جدول (۱-۲) تشریح برخی نوار ابزارهای مفید پنجره Wave

| شماره | میان بر | توضیحات |
|-------|--|---|
| ۱ | ندارد | اضافه کردن نشانه‌گر ^۱ |
| ۲ | منو: Wave > Delete Cursor | حذف کردن نشانه‌گر |
| ۳ | کلید فوری: Shift + Tab منو: Edit > Signal Search | پیدا کردن گذار ^۲ قبلی از سیگنال انتخابی |
| ۴ | کلید فوری: Tab منو: Edit > Signal Search | پیدا کردن گذار بعدی از سیگنال انتخابی |
| ۵ | منو: Edit > Signal Search | پیدا کردن لبه پایین رونده ^۳ قبلی از سیگنال انتخابی |
| ۶ | منو: Edit > Signal Search | پیدا کردن لبه پایین رونده بعدی از سیگنال انتخابی |

^۱ Curser

^۲ Transition

^۳ Falling Edge

| | | |
|--|------------------------------|---|
| پیدا کردن لبه بالا رونده ^۱ قبلی از سیگنال انتخابی | منو: Edit > Signal Search | ۷ |
| پیدا کردن لبه بالا رونده ^۱ بعدی از سیگنال انتخابی | منو: Edit > Signal Search | ۸ |
| نمایش کامل تمام شکل موجها (بزرگ نمایی کامل) | منو: Edit > Signal Search | ۹ |

• قسمت نام مسیر^۲

نام و مسیر سیگنال‌های اضافه شده به پنجره را نمایش می‌دهد.

• قسمت مقادیر^۳

مقادیری که نشانه‌گر به آن اشاره دارد را نمایش می‌دهد. برای تغییر مبنای اعداد

سیگنال‌های مورد نظر را انتخاب کرده و راست کلیک نمایید و از قسمت radix به تغییر مبنای اعداد

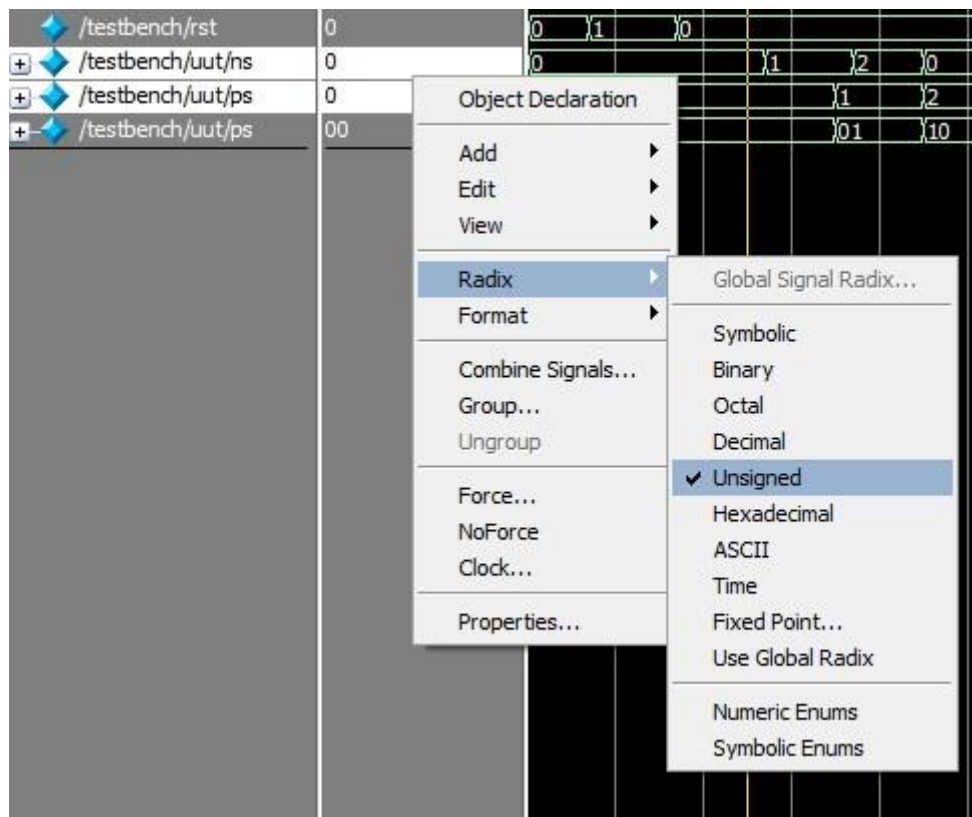
اقدام نمایید.

^۱ Rising Edge

^۲ Pathname Pane

^۳ Values Pane

^۴ Radix



شکل (۲-۹) تغییر مبنای اعداد در پنجره Wave

• شکل موج

در این پنجره شکل موج سیگنال‌های شبیه‌سازی شده نمایش داده می‌شود. رنگ قرمز موج نمایش دهنده‌ی مقدار منطقی 'X' رنگ آبی نمایش دهنده‌ی مقدار منطقی 'Z' و از رنگ سبز با سطوح بالا و پایین برای نمایش به ترتیب مقدارهای منطقی '1' و '0' استفاده می‌شود. همچنین آرایه‌ها را با مقدار آنها داخل کادر سفید نمایش می‌دهد.

• نشانه‌گر

در این قسمت مقدارهایی که نشانه‌گرها به آنها اشاره می‌کنند را مشاهده می‌کنید، می‌توانید نشانه‌گرهای جدید اضافه کنید یا نشانه‌گرهای موجود را حذف کنید، همچنین نشانه‌گرها را در شکل

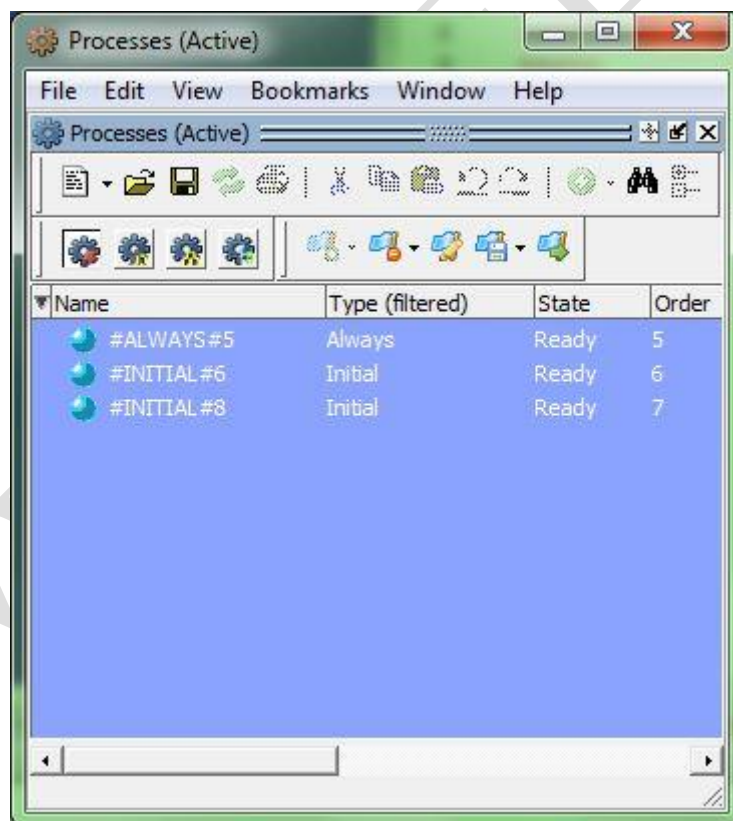
موج قفل کنید(نشانه گر قفل شده با رنگ قرمز مشخص می شود و قابل جابه جایی نیستند)، از این کار می توان برای اندازه گیری فاصله ی یک نقطه ی ثابت در شکل موج تا نقطه ی دلخواه استفاده کرد.

| | |
|----------|--------|
| Now | 975 ns |
| Cursor 1 | 117 ns |
| Cursor 2 | 148 ns |

شکل (۲-۱۰) کادر نشانه گرهای پنجره ی Wave

۲-۴- پنجره ی Processes

این پنجره پردازش های فعال شبیه سازی را نمایش می دهد.

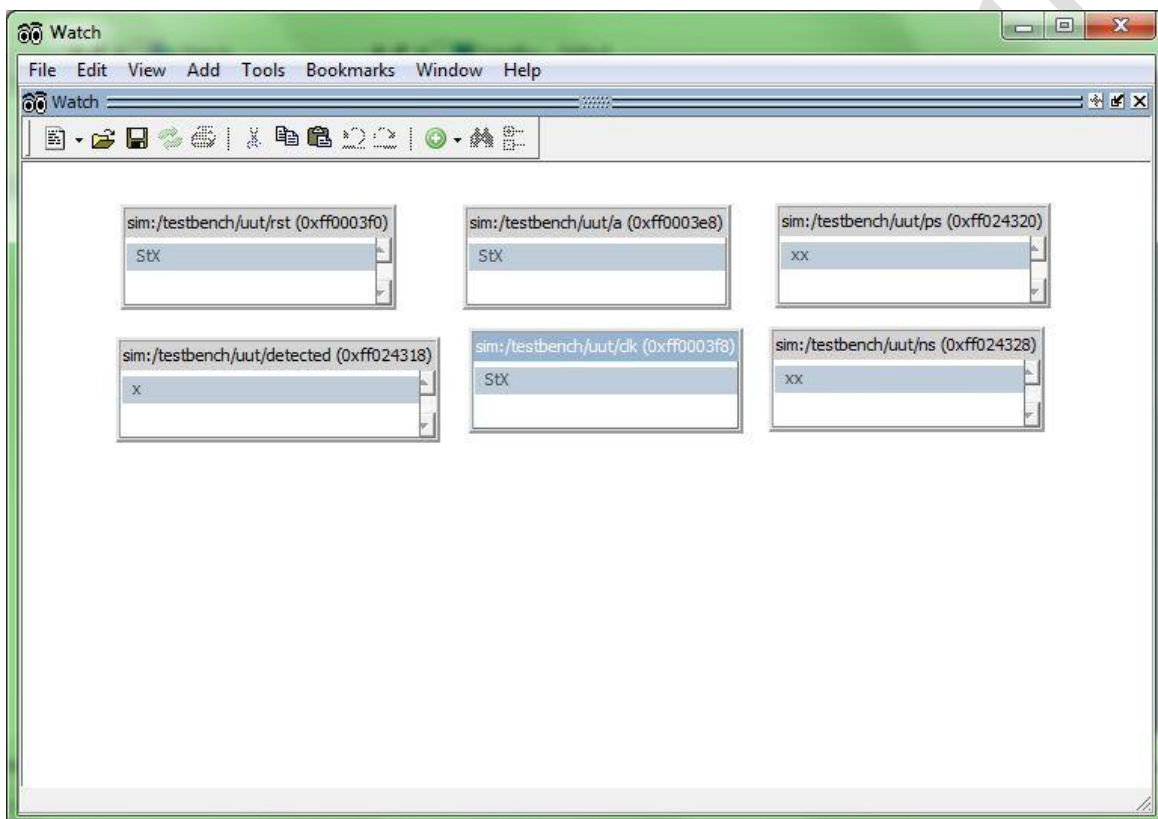


شکل (۲-۱۱) نمایش پردازش های فعال در پنجره ی Processes

پردازشی که اکنون در حال شبیه سازی است فعال محسوب می گردد.

۲-۵- پنجره watch

در این پنجره اشیاء مورد نظر اضافه شده را می توان در مراحل شبیه سازی تحت نظر گرفت و مقادیر آنها را مشاهده کرد.



شکل (۲-۱۲) مشاهده مقادیر سیگنال ها در پنجره Watch

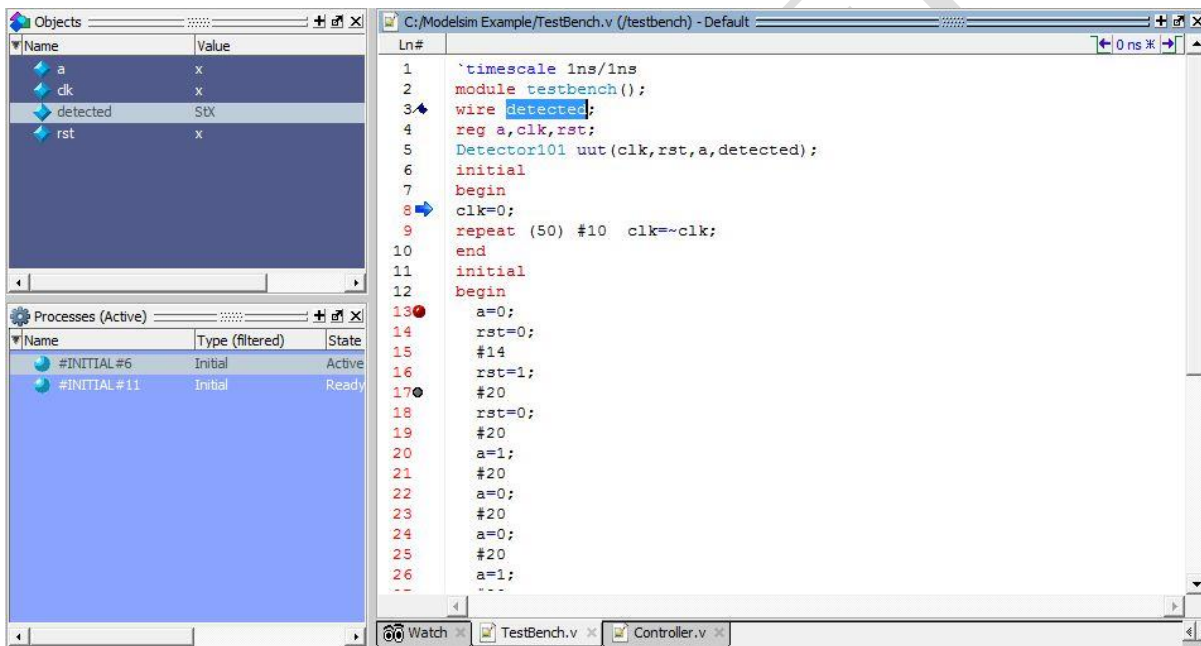
این پنجره قابلیت مشاهده ی سلسله مراتب طراحی های شی گرایانه^۱ را می دهد. آیتم هایی که در مرحله اخیر شبیه سازی تغییر کرده اند با رنگ قرمز مشخص می شوند. اضافه کردن آیتم های جدید به این قسمت همانند پنجره Wave انجام می شود.

۲-۶- پنجره ویرایش کد

در محیط شبیه سازی در این پنجره علاوه بر مشاهده کدهای برنامه موارد زیر قابل مشاهده

هستند:

- کد مربوط به قسمت انتخاب شده در سایر پنجره ها (مشخص شده با پرچم آبی رنگ)
- خط اجرای کد (مشخص شده با فلش آبی رنگ)
- نقاط انفصال^۱ فعال (مشخص شده با بالن قرمز رنگ) و
- نقاط انفصال غیر فعال (مشخص شده با بالن خاکستری رنگ)

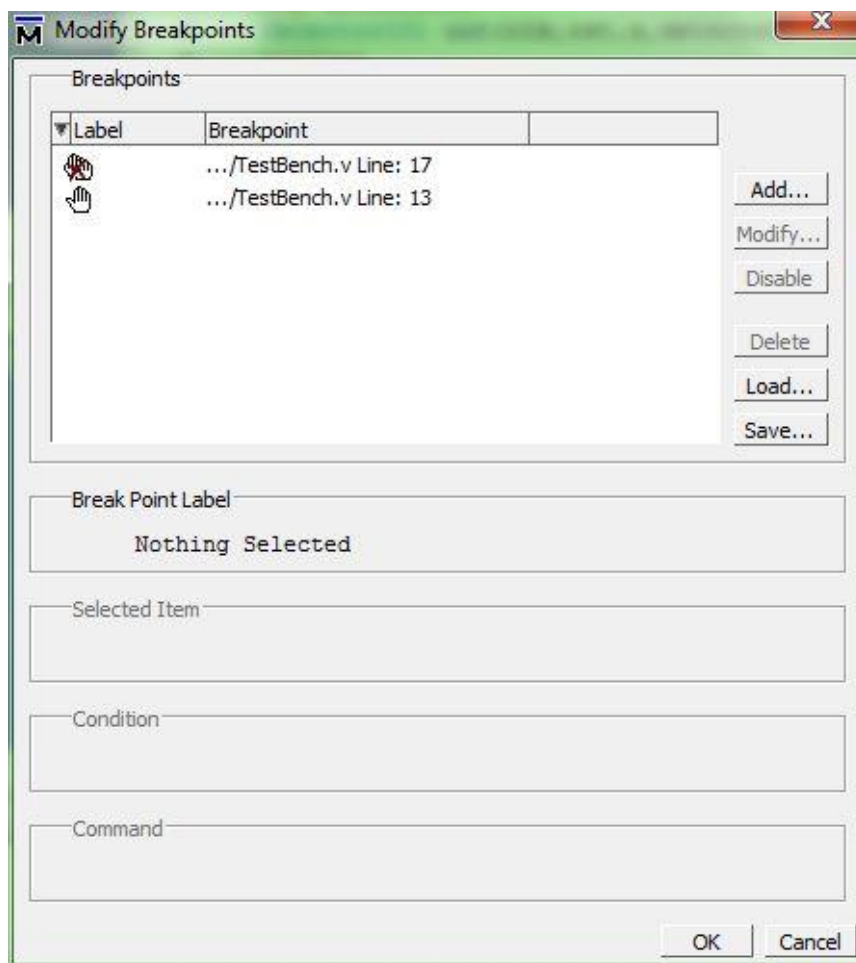


شکل (۲-۱۳) پنجره ویرایش کد در محیط شبیه سازی

ضمناً برای ایجاد نقاط انفصال در خط مورد نظر کفایت در کنار شماره‌ی آن خط کلیک نمایید. با کلیک دوباره وضعیت نقطه به حالت غیر فعال درخواهد آمد (نقطه انفصال را در خطوطی از کد می‌توان گذاشت که قابل اجرا باشد، این خط‌ها با شماره قرمز از سایر خطوط تفکیک می‌شوند).

^۱ Breakpoint

نقاط انفصال را همچنین می توان از منوی Tools>Breakpoints... مدیریت کرد.

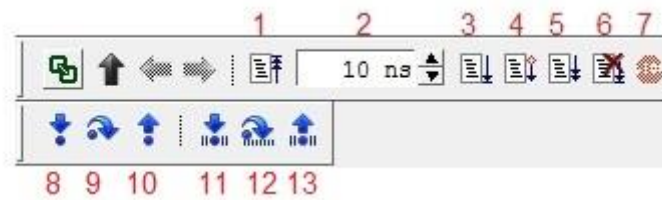


شکل (۲-۱۴) مدیریت نقاط انفصال از پنجره Modify Breakpoints

۲-۷- عیب یابی^۱

در این فصل تا اینجای کار با پنجره های نرم افزار ModelSim مرتبط با شبیه سازی و عیب یابی آشنا شدیم در ادامه نوار ابزار مرتبط با محیط شبیه سازی را معرفی می کنیم. به کمک این ابزارها می توانید شبیه سازی را به نحوی دلخواه خود اجرا و همزمان تغییرات سیگنال ها را در سایر پنجره های شبیه سازی مشاهده و عیب یابی کنید. لازم به ذکر است که روش دیگر دسترسی به این

موارد استفاده از منوی Simulate می‌باشد.



شکل (۲-۱۵) برخی نوار ابزارهای مفید محیط شبیه‌سازی

جدول (۲-۲) تشریح برخی نوار ابزارهای مفید محیط شبیه‌سازی

| شماره | میان بر | توضیحات |
|-------|--|---|
| ۱ | دستور Tcl: restart منو: Simulate > Run > Restart | راه اندازی دوباره‌ی شبیه‌سازی |
| ۲ | منو: Simulate > Runtime Options | تنظیم زمان اجرای شبیه‌سازی |
| ۳ | دستور Tcl: run منو: Simulate > Run > Run default_run_length | اجرای شبیه‌سازی با زمان فوق |
| ۴ | دستور Tcl: run -continue منو: Simulate > Run > Continue | ادامه دادن شبیه‌سازی |
| ۵ | دستور Tcl: run-all منو: Simulate > Run > Run -All | اجرای کامل |
| ۶ | کلید فوری: | وقفه ایجاد کردن فوری در شبیه سازی (مانند ایجاد یک |

^۱ برای آشنایی بیشتر با دستورهای Tcl به ضمیمه ۲ مراجعه نمایید.

| | | |
|---|---|----|
| نقطه‌ی انفصال عمل می کند) | break منو: Simulate > Break | |
| قطع کردن شبیه سازی | ندارد | ۷ |
| اجرای یک گام ^۱ از شبیه‌سازی تا عبارت بعدی (عبارت بعدی می تواند در همین پردازش یا در پردازش دیگری باشد) | دستور:Tcl: step منو: Simulate > Run > Step | ۸ |
| اجرای دستورهای توصیف سخت افزاری (بدون وارد شدن به آنها) | دستور:Tcl: Step –over منو: Simulate > Run > Step –Over | ۹ |
| اجرای شبیه سازی تا بیرون از تابع یا پردازش کنونی(جهش به پایان تابع یا پردازش کنونی) | دستور:Tcl: Step –out منو: Simulate > Run > Step –Out | ۱۰ |
| جهش خط به خط داخل یک رشته ^۲ یا پردازش یا نمونه (حتی اگر سایر پردازش‌ها نیز نیاز به فعال سازی و اجرا داشته باشند (پس از اجرای آنها) توقف بعدی در پردازش فعال کنونی خواهد بود) | دستور:Tcl: Step –current منو: Simulate > Run > Step –current | ۱۱ |
| اجرای دستورهای توصیف سخت افزاری (بدون وارد شدن به آنها) داخل یک رشته یا پردازش یا نمونه (حتی اگر سایر پردازش‌ها نیز نیاز به فعال سازی و اجرا داشته باشند (پس از اجرای آنها) توقف بعدی در پردازش فعال کنونی خواهد بود) | دستور:Tcl: Step –over - current منو: Simulate > Run > Step –over - current | ۱۲ |
| اجرای شبیه سازی یک رشته یا پردازش یا نمونه وقتی استفاده می شود که تغییرات پردازش کنونی برای ما اهمیت دارد. | دستور:Tcl: Step –out –current | ۱۳ |

^۱ Step

^۲ Thread

| | | |
|-------------|--|--|
| اهمیت دارد. | منو: Simulate > Run > Step –out –current | |
|-------------|--|--|

www.ICEEP.ir

واژه نامه

| A | |
|----------------------|------------------|
| Add | اضافه کردن |
| B | |
| Block | بلوک |
| Breakpoint | نقطه‌ی انفصال |
| C | |
| Code | توصیف |
| Compile | کامپایل |
| Compiler | کامپایلر |
| Configuration | مشخصات |
| Create Project | ساخت پروژه |
| Cursor | نشانه‌گر |
| D | |
| Drag and Drop | کشیدن و رها کردن |
| Debugging | عیب‌یابی |
| Decimal | دهدهی |
| Declaration | تعریف |
| Depth | عمق |
| Description Language | زبان توصیف |
| Default | پیش فرض |

| | |
|--------------------------------------|----------------------------------|
| Design | طراحی |
| Directory | مسیر |
| Download | بارگیری |
| E | |
| Editor | ویرایشگر |
| Error | خطا |
| Event | رویداد |
| Existing File | فایل از پیش تعریف شده |
| Extended VCD | VCD توسعه یافته |
| F | |
| Falling Edge | لبه‌ی پایین رونده |
| Flip-Flop | فلیپ فلاپ |
| G | |
| Gate | گیت |
| H | |
| Hardware Modeling | مدل های سخت افزاری |
| Hierarchy of Object Oriented Designs | سلسله مراتب طراحی های شی گرایانه |
| I | |
| I Agree | اعلام موافقت |

| | |
|------------------------|----------------|
| Individual files | فایل های تکی |
| Install | نصب |
| Installation Directory | مسیر نصب |
| Instance | نمونه |
| Integer | عدد صحیح |
| J | |
| Jumpstart | پرش به شروع |
| K | |
| L | |
| Library Mapping | نگاشت کتابخانه |
| License | مجوز |
| Link | پیوند |
| Linking | اتصال |
| Load | بارگزاری |
| Local | محلی |
| M | |
| Macro | ماکرو |
| Method | متد |
| Module | واحد |

| N | |
|---------------|---------------------|
| New Project | پروژه جدید |
| Next | بعدی |
| O | |
| Open | باز کردن |
| Optimization | بهینه سازی |
| P | |
| Pathname Pane | قسمت نام مسیر |
| Pattern | الگو |
| Pause | توقف |
| Process | پردازش |
| Q | |
| R | |
| Radix | مبنا |
| Random | تصادفی |
| Read Only | فقط خواندنی |
| Recompile | دوباره کامپایل کردن |
| Register | ریجستر |
| Reset | بازنشاندن |

| | |
|-----------------------|----------------------|
| Resource Libraries | کتابخانه های منبع |
| Resume | شروع دوباره |
| Rising Edge | لبه ی بالا رونده |
| Run | اجرا |
| S | |
| Save | ذخیره |
| Simulation | شبیه سازی |
| Simulator | شبیه ساز |
| skip | پرش |
| Source files | فایل منبع |
| Standard Delay Format | فرمت استاندارد تاخیر |
| Step | گام |
| Structure | ساختمان |
| Summary | خلاصه |
| T | |
| Text Box | جعبه ی نوشته |
| Thread | رشته |
| Transcript | رونوشت |
| Transition | گذار |
| Typical | معمول |

| | |
|---------------|--------------|
| U | |
| Unit | واحد |
| V | |
| Values Pane | قسمت مقادیر |
| Version | نسخه |
| W | |
| Warning | اخطار |
| Waveform | شکل موج |
| Width | پهنا |
| Wire | سیم |
| Wizard | روند |
| X | |
| Y | |
| Z | |
| Others | |
| Summary | یابنده‌ی ۱۰۱ |