

机械系统可靠性分析软件

用户手册

目录

1. 文档说明	- 1 -
1.1 编写目的	- 1 -
1.2 适用范围	- 1 -
1.3 文档的读者	- 1 -
1.4 定义	- 1 -
1.4.1 缩略语	- 1 -
1.4.2 故障树分析	- 2 -
1.4.3 可靠性分析	- 2 -
1.5 参考资料	- 2 -
2. 软件概述	- 3 -
2.1 软件目标	- 3 -
2.2 核心功能	- 3 -
2.3 软件性能	- 3 -
3. 运行环境	- 5 -
3.1 硬件	- 5 -
3.2 支持软件	- 5 -
4. 使用说明	- 6 -
4.1 软件安装	- 6 -
4.2 基础功能模块使用	- 10 -
4.2.1 新建工程	- 10 -
4.2.2 打开已有工程	- 10 -
4.2.3 保存	- 11 -
4.2.4 另存为	- 12 -
4.2.5 文件导出为图片	- 12 -
4.2.6 故障树视图调整（放大，缩小，拖动、自适应显示）	- 12 -

4.3 故障树建模模块使用	- 13 -
4.3.1 故障树新节点增加.....	- 13 -
4.3.2 故障树已有节点删除.....	- 13 -
4.3.3 节点基础信息编辑.....	- 14 -
4.3.4 节点可靠性相关信息编辑.....	- 14 -
4.3.5 多棵树管理.....	- 15 -
4.4 节点关系定义	- 15 -
4.4.1 显式关系定义（公式编辑）	- 15 -
4.4.2 显式关系定义（自动加载相关输入变量）	- 16 -
4.4.3 显式关系定义（常用函数）	- 17 -
4.4.4 显式关系定义（逻辑门）	- 17 -
4.4.5 故障树视图显示（体现关系）	- 18 -
4.4.6 自定义关系设计（用户输入）	- 19 -
4.4.7 自定义关系设计（货架产品）	- 20 -
4.4.8 隐式关系设计（调用 Omnia）	- 20 -
4.4.9 隐式关系设计（抓取 Omnia 结果）	- 20 -
5. 快速使用	- 22 -
5.1 计算示例 1	- 22 -

1. 文档说明

1.1 编写目的

用于介绍软件的详细功能与操作方法。

1.2 适用范围

机械系统的可靠性分析软件。

1.3 文档的读者

可靠性分析工程师。

1.4 定义

1.4.1 缩略语

在软件开发过程中，为各个模块与功能组件定义了许多名称便于开发与沟通，本文件中用到的专门术语的定义和英文缩写如下表所示。

表 1-1 缩略语

序号	术语或缩略语	解释说明
1	Strux	机械结构可靠性分析软件
2	Omnia	机械零部件可靠性分析软件
3	IEO	通用第三方程序集成组件
4	ECode	显示模型
5	ICode	隐式模型
6	FSS	近似模型组件
7	Rel-Ana	可靠性分析组件

8	Visua	可视化组件
9	DOE	实验设计组件

1.4.2 故障树分析

故障树分析是产品可靠性和安全性分析的工具之一，用来寻找导致不希望的系统故障或灾难性危险事件（顶事件）发生的所有原因和原因组合，在具有基础数据时求出顶事件发生的概率及其他定量指标。

1.4.3 可靠性分析

可靠性分析是用概率统计方法对不希望的系统故障或灾难性危险事件进行定量分析或评估。

1.5 参考资料

- [1] 机械可靠性分析软件设计与开发-项目技术协议书
- [2] 机械可靠性分析软件设计与开发-合同书
- [3] GJB 438A-1997 武器系统软件开发文档
- [4] GJB/Z 768A-98 故障树分析指南
- [5] 机械系统可靠性分析软件需求分析
- [6] 机械系统可靠性分析软件设计报告
- [7] 机械系统可靠性分析软件内部测试报告

2. 软件概述

2.1 软件目标

由于机械结构产品系统功能多、组成复杂。需要根据其产品的结构、功能，对产品进行层次分解，以便后续的分析。机械结构的层次模型对于产品的定性分析及定量分析均十分必要，其功能在于可以清晰梳理产品的组成，同时，在机械结构产品定性分析及定量分析过程中，产品树可以很清晰地反映零件-组件-系统的层次关系，为后续的可靠性建模、分析、评价带来便利。

针对单个机械零部件的可靠性计算，其结构复杂，需调用第三方程序进行分析，由于不同零部件不同分析类型分别对应了不同的计算程序，需要建立一种通用的集成平台，该平台包含了多种可靠性计算方法，用于对不同零部件不同环境的可靠性计算。

要求一方面可以快速便捷的建立整个系统各零部件之间的层次逻辑关系，可自由定义层间关系的计算方法，用以计算整个系统的可靠性；

另一方面，该软件可以对单个零部件的可靠性进行详细分析，不仅能够自由定义零部件的数学模型，还可以集成第三方软件的隐式模型，通过软件内置的可靠性分析算法进行计算。

该软件主要解决第一方面的问题，第二方面的问题在机械零部件可靠性分析软件 Omnia 中完成。

2.2 核心功能

Strux 主要提供了两个核心功能：

其一，构建并维护不同的故障树，用于分析机械系统的可靠性问题；

其二，提供并扩展了各零部件之间的关心定义能力，具备强大的关系定义能力，可以胜任大部分形式的函数关系。

2.3 软件性能

a.数据精确度支持小数点后五位甚至更高的精度，足够支持大部分可靠性分

析的精度要求；

b.时间特性，如响应时间、处理时间、数据传输时间全部达到即时响应级别，计算效率极高；

c 软件操作简单，软件适应能力较强，能在绝大多数计算机上运行。

3. 运行环境

3.1 硬件

- a. CPU 支持 Intel(R) Core(TM) i3 3200U @ 2.20GHz 2.19GHz 及以上平台
- b. 内存支持 DDR3 2.00GB 及其以上内存
- c. 硬盘最低要求剩余 1GB 存储空间

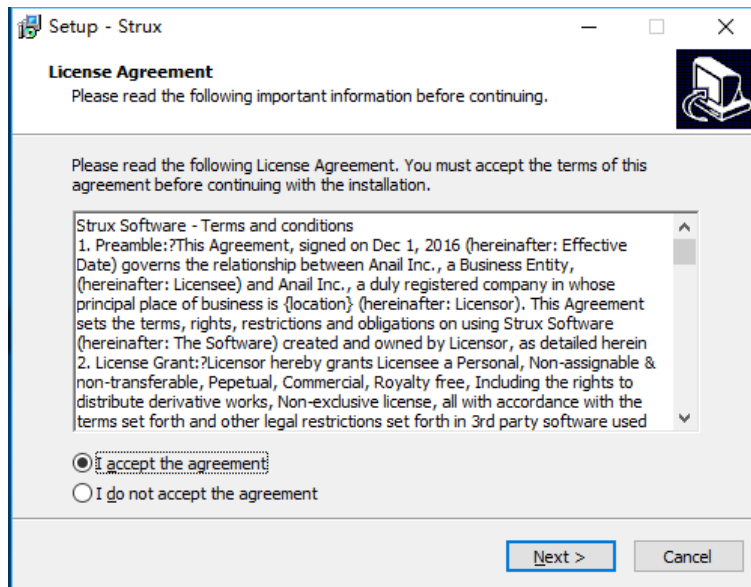
3.2 支持软件

- a. windows 操作系统: WindowsXP, Windows Vista, Windows 7, Windows8, Windows8.1, Windows10;
- b. Unix 操作系统支持 ubuntu 10, ubuntu 11,;

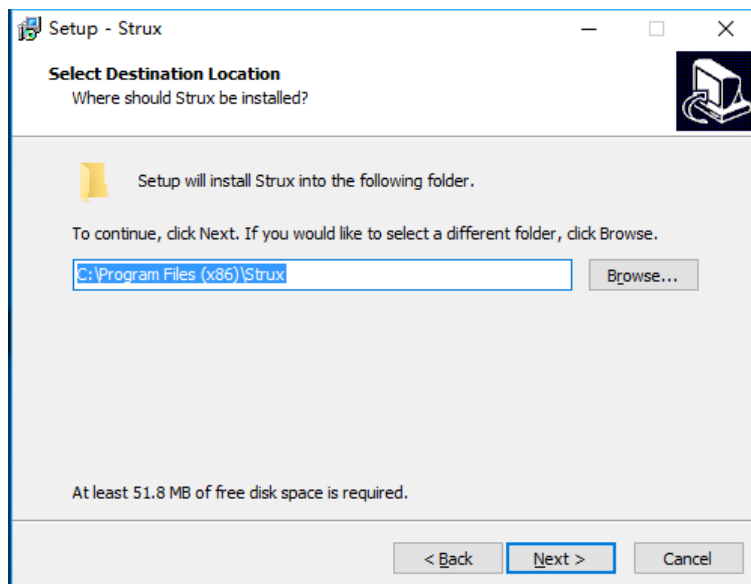
4. 使用说明

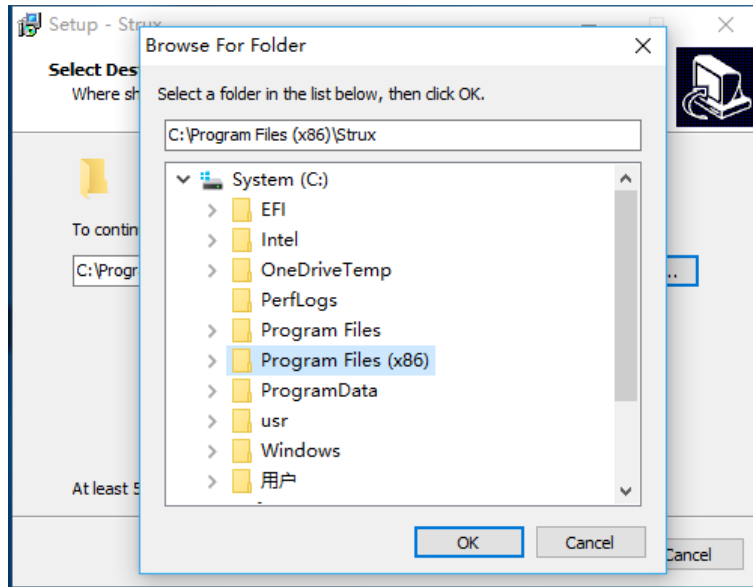
4.1 软件安装

- 1) 双击安装文件，并选择接受协议，然后选择 Next 进入下一步；

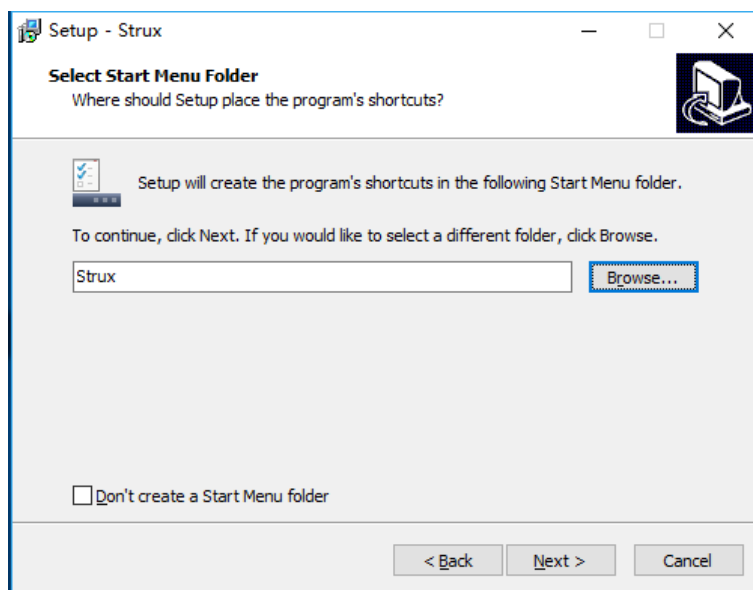


- 2) 直接定义或者通过浏览选择安装位置；

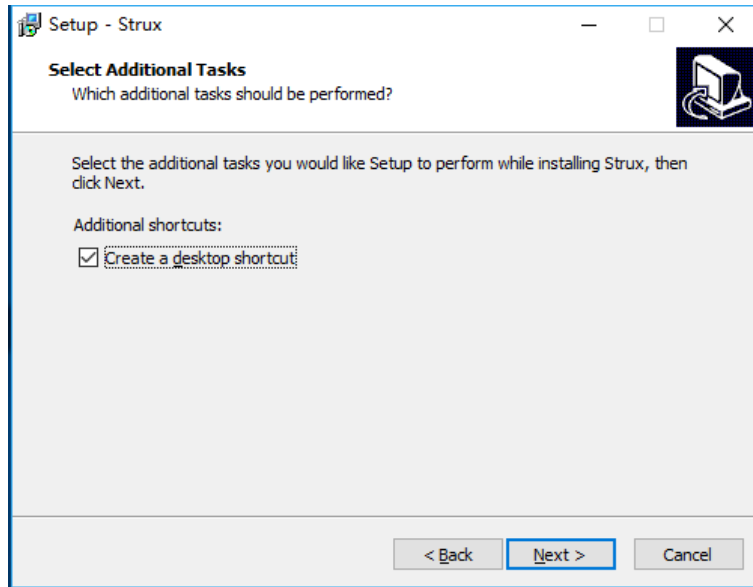




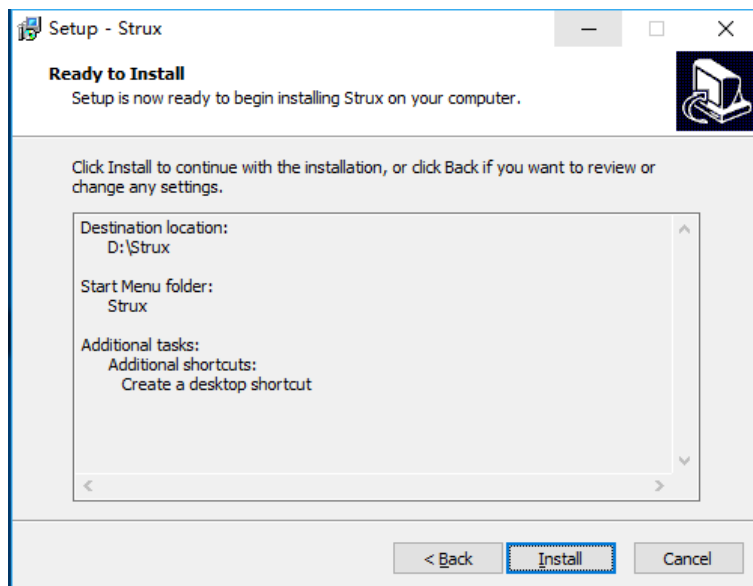
3) 通过勾选是否建立开始菜单图标，默认为建立，同时可以通过选择或者编辑来定义开始菜单内程序名称；



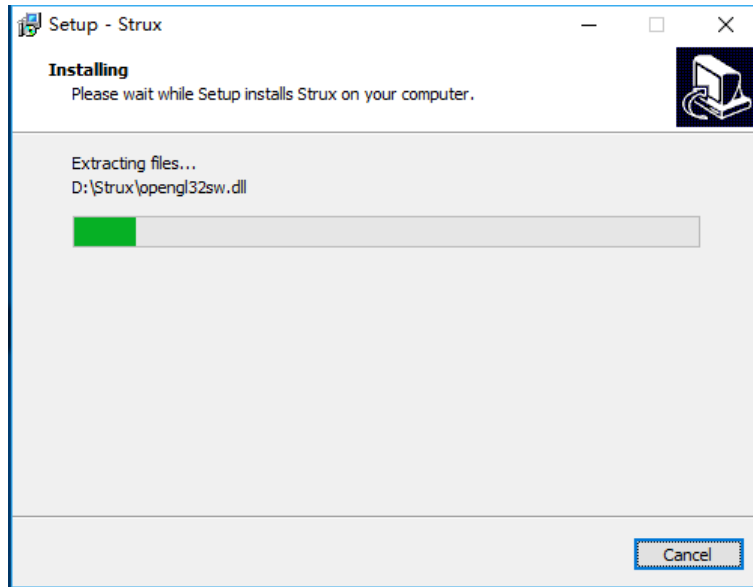
4) 可以通过勾选选择是否建立桌面快捷方式，然后选择 Next 进入下一步；



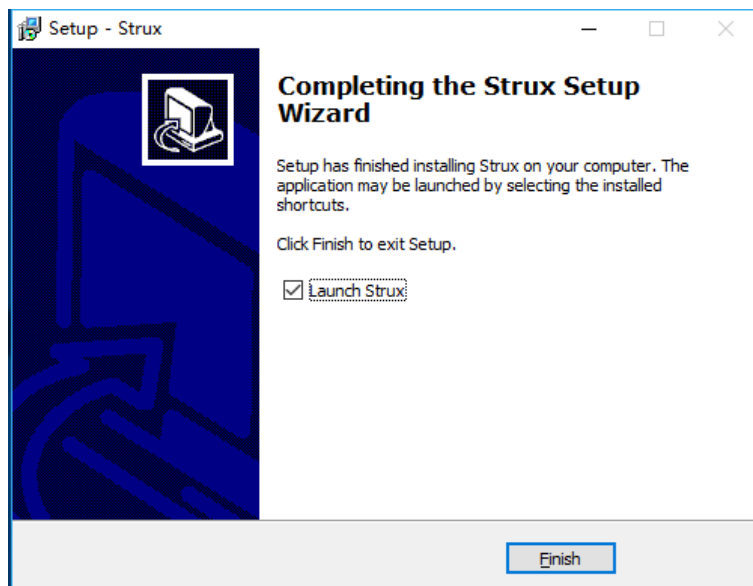
5) 确认安装;



6) 安装过程;



7) 安装完成，选择是否直接打开；



8) 初次打开。



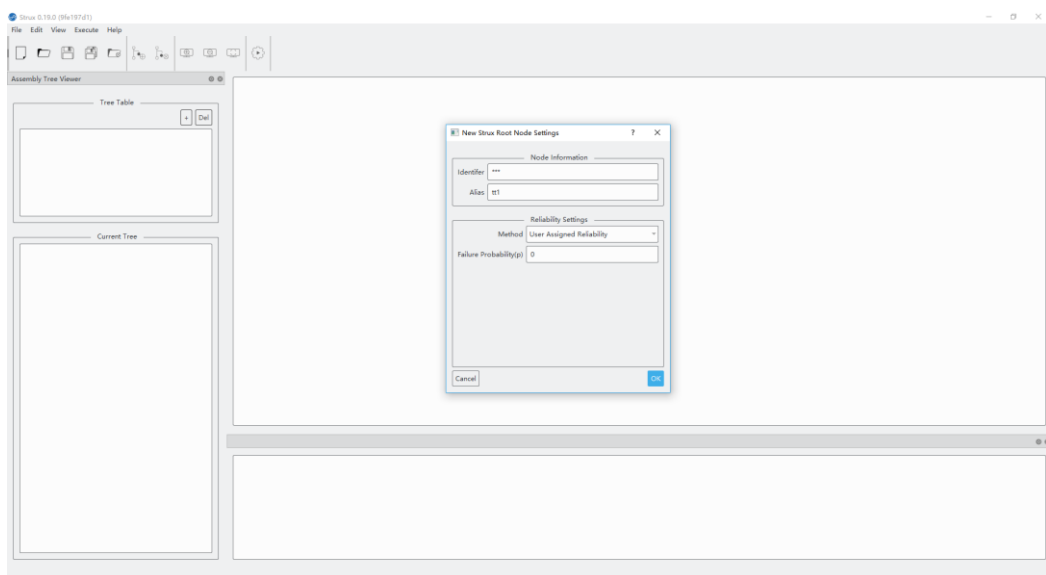
4.2 基础功能模块使用

4.2.1 新建工程

用户点击相关功能按键时被触发，如果是刚刚打开软件，该功能能够实现新建一个新的项目工程，如果正在操作某个工程项目，该功能会提示用户是否保存现有工程，用户选择是否保存之后，软件会根据用户选择执行相关操作，最后新建全新的项目工程，所有设置项重置为默认设置。

菜单栏→File→New;

工具栏→New

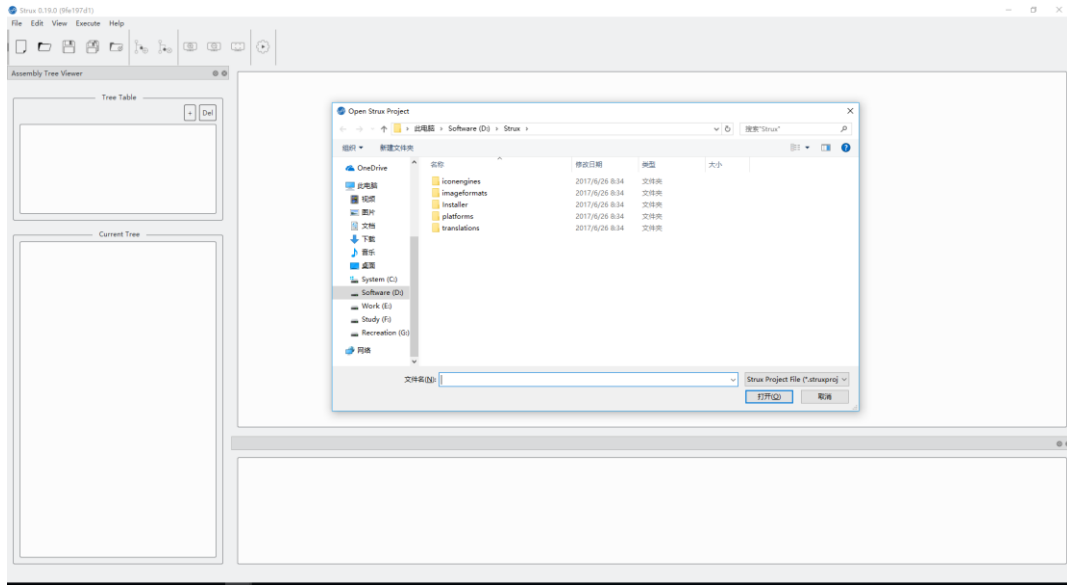


4.2.2 打开已有工程

用户点击相关功能按键时被触发，如果是刚刚打开软件，该功能能够要求用户选择并打开之前保存的项目工程，如果正在操作某个工程项目，该功能会提示用户是否保存现有工程，用户选择是否保存之后，软件会根据用户选择执行相关操作，最后打开用户选择的项目工程。

菜单栏→File→Open;

工具栏→Open



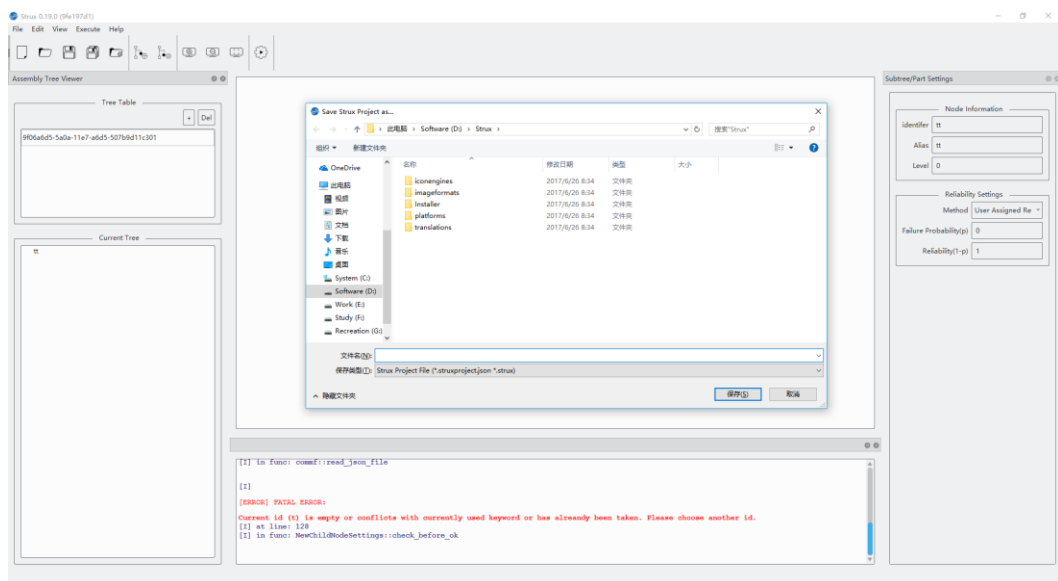
4.2.3 保存

用户可以对工程进行主动保存与被动保存，该功能会在以下几种情况被触发：

- 用户直接点击该功能按键
- 执行新建操作之前
- 执行打开操作之前
- 关闭软件之前

菜单栏→File→Save;

工具栏→Save



4.2.4 另存为

该功能在用户点击相关功能按键时被触发,可以实现将工程文件保存至其他文件路径下。

菜单栏→File→Save as;

工具栏→Save as

4.2.5 文件导出为图片

该功能在用户点击相关功能按键时被触发,可以实现将构建的故障树以图片形式导出。

菜单栏→File→Export;

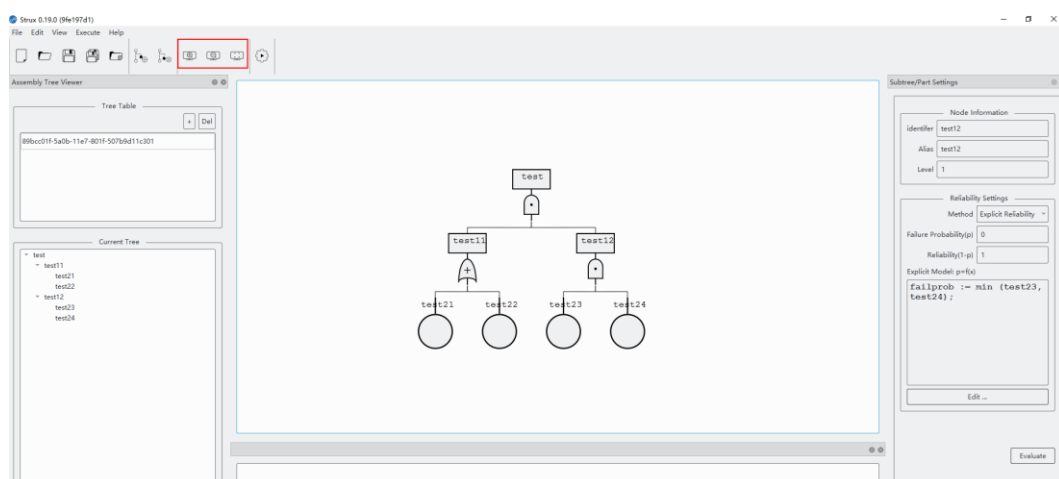
工具栏→Export

4.2.6 故障树视图调整（放大，缩小，拖动、自适应显示）

该功能在用户点击相关功能按键时被触发,能够实现故障树的放大,缩小,拖动以及自适应显示的功能。

菜单栏→View→Zoom in / Zoom out / Auto fit;

工具栏→ Zoom in / Zoom out / Auto fit



4.3 故障树建模模块使用

4.3.1 故障树新节点增加

该功能在用户点击相关功能按键时被触发，包括右键点击故障树节点，工具栏或者菜单栏中包含相关功能按键。

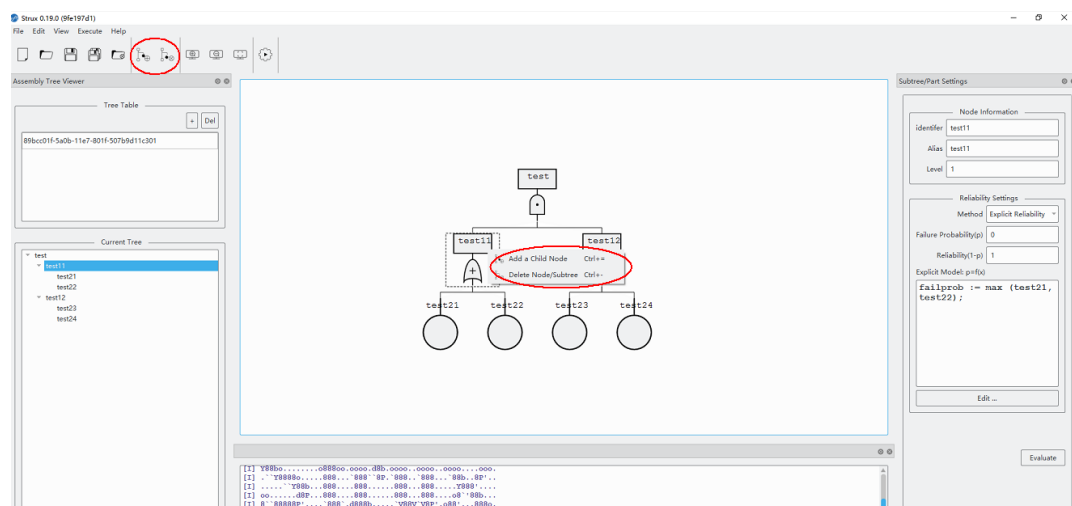
支持新建节点包括子节点，兄弟节点以及父节点。

通过连线来建立其父子关系，建立树形结构图显示模式，能够清晰地显示机械结构产品的层次组成关系。

菜单栏→Edit→Add a Child Node;

工具栏→Eidt→Add a Child Node;

选中节点→右键→Add a Child Node



4.3.2 故障树已有节点删除

该功能在用户点击相关功能按键时被触发，包括右键点击故障树节点，工具栏或者菜单栏中包含相关功能按键。可以实现将选中节点删除的功能。

菜单栏→Edit→Delete Node / Sub Tree;

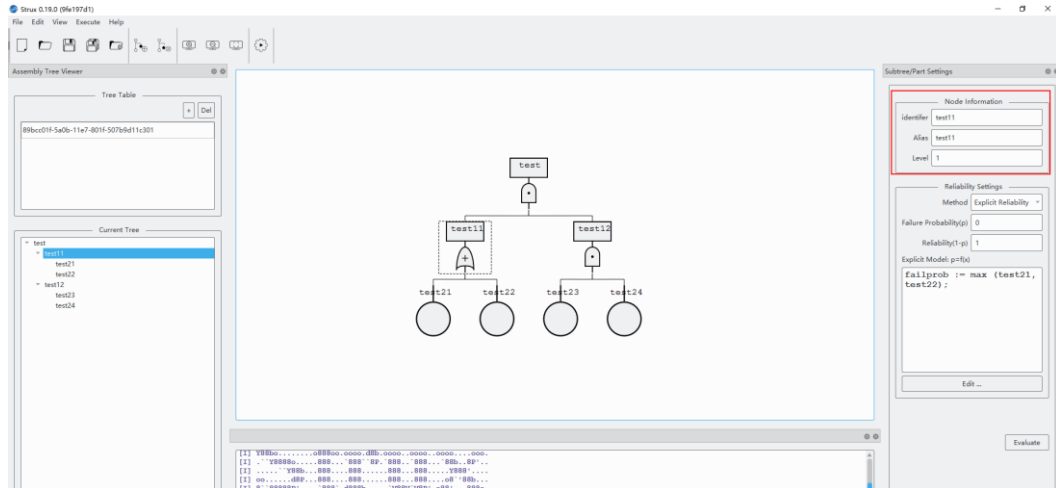
工具栏→ Edit→ Delete Node / Sub Tree;

选中节点→右键→ Delete Node / Sub Tree

4.3.3 节点基础信息编辑

用户能够编辑节点基础信息功能，节点的基础信息包括节点名称，节点变量。

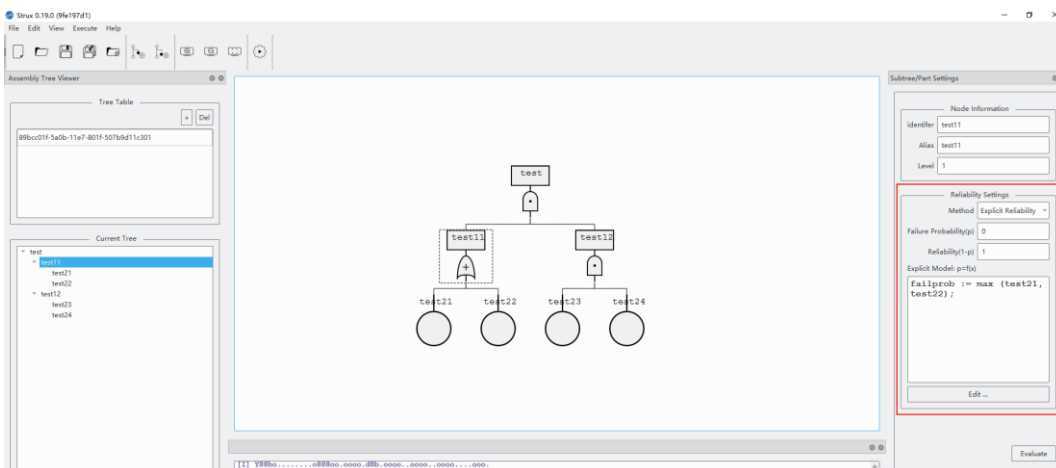
选中节点→Sub Tree / Node Setting→Node Information



4.3.4 节点可靠性相关信息编辑

用户可以定义以及编辑节点可靠性相关信息功能，节点的可靠性相关信息包括节点可靠性与失效概率，由于可靠性与失效概率存在函数关系，所以该功能通常在用户选择自定义关系设计（用户输入）时被触发。

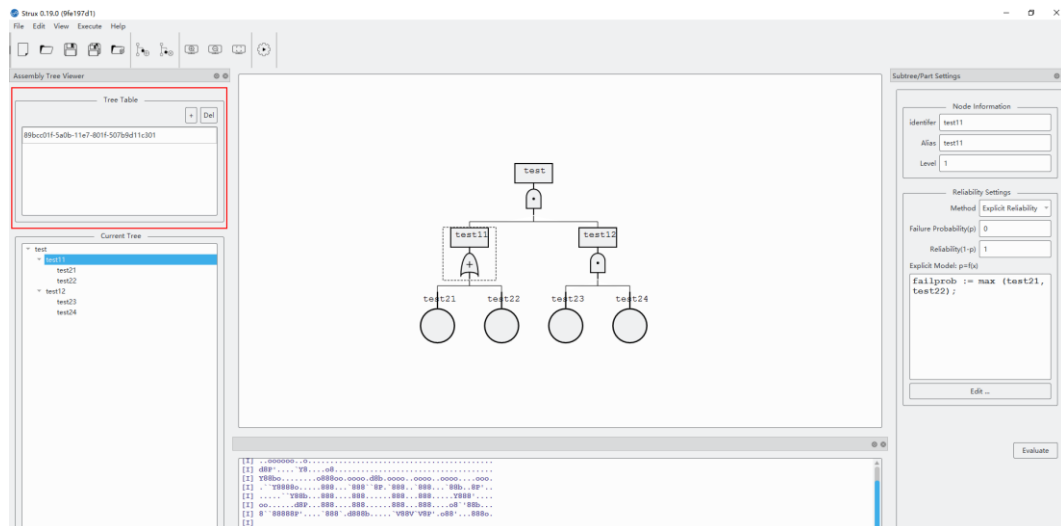
选中节点→Sub Tree / Node Setting→Reliability Setting



4.3.5 多棵树管理

用户构建并管理多棵树功能，该功能可以实现新建、编辑以及删除多棵树的功能，各个故障树之间相互独立，选中不同的故障树之后，该棵树将在显示区呈现进行进一步编辑。

Assembly Tree Viewer → Tree Table → 选中树



4.4 节点关系定义

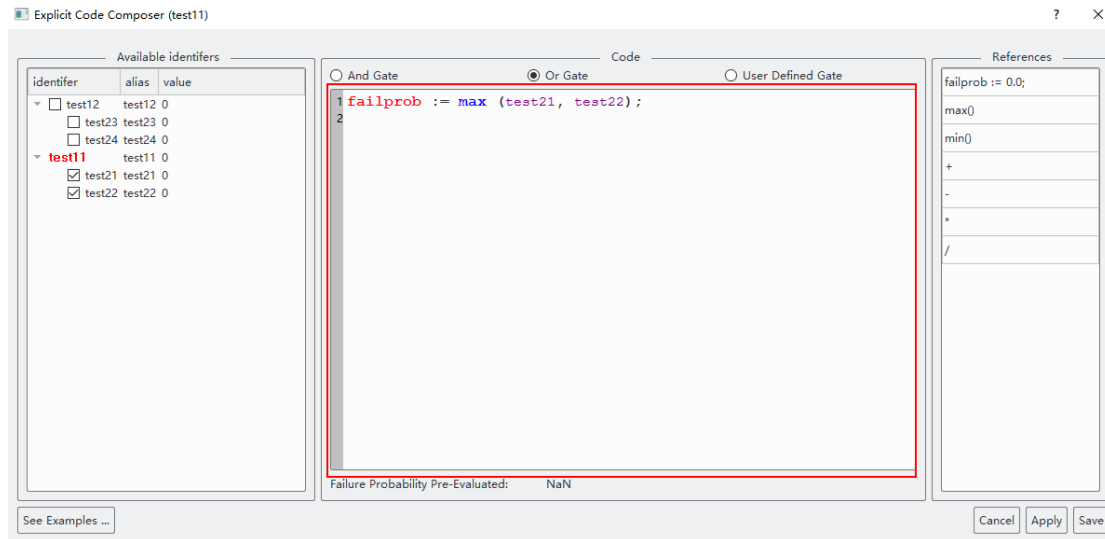
4.4.1 显式关系定义（公式编辑）

在通过输入或分析计算得到产品各零件可靠度具体数值后，可根据产品层次模型中的逻辑关系自底向上自动计算出产品最低层次以上各层次内各个组件及整个产品的可靠度。

其逻辑关系以显式方程的方法定义，公式支持常见的基本运算与逻辑符号：

- Basic operators: +, -, *, /, %, ^
- Assignment: = +=, -=, *=, /=, %=
- Equalities & Inequalities: =, ==, <, !=, <=, >, >=
- Boolean logic: and, mand, mor, nand, nor, not, or, shl, shr, xnor, xor, true, false

选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → Explicit Reliability → Edit → Code

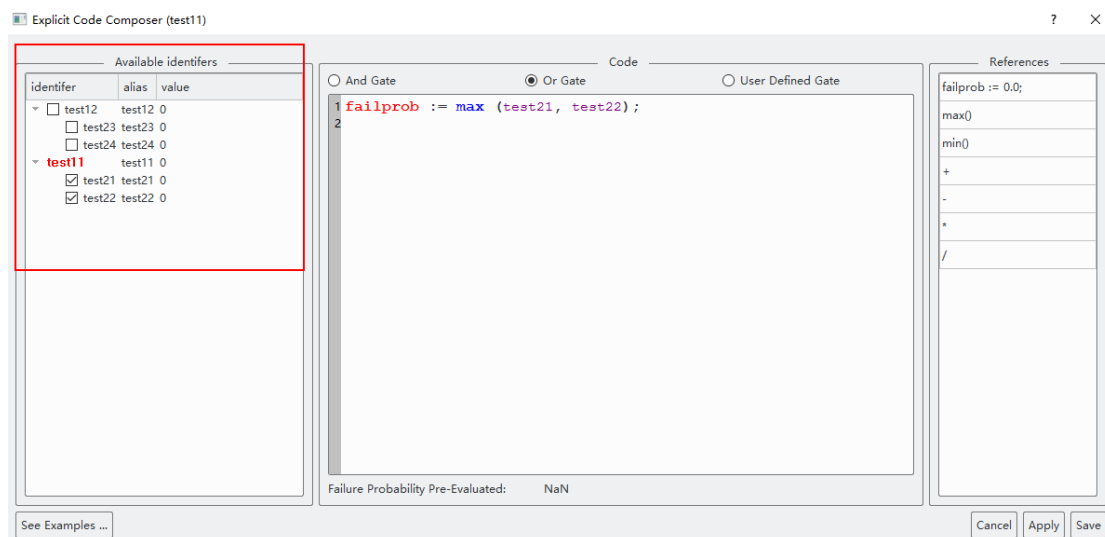


4.4.2 显式关系定义（自动加载相关输入变量）

公式编辑之前，软件能够自动遍历并加载相关输入变量，包括选中节点的同层节点变量及其对应的子节点的变量。

抓取这些节点的零部件名称及其对应的设计变量，并以树形结构展示在编辑器内。

选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → Explicit Reliability → Edit → Available identifiers

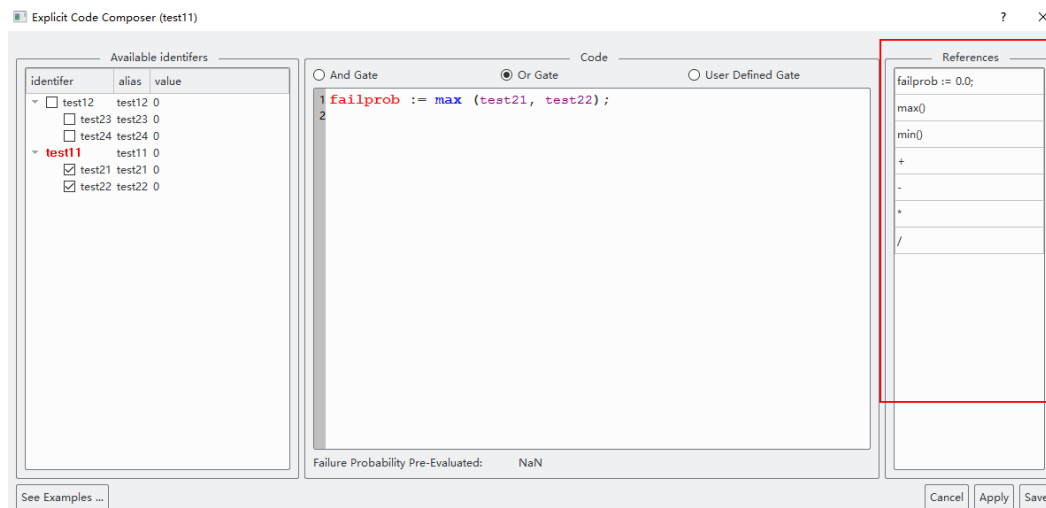


4.4.3 显式关系定义（常用函数）

编辑器支持大部分的常用函数，可以直接双击使用包括：

- abs, avg
- ceil, clamp
- equal, erf, erfc, exp, expm1
- floor, frac
- log, log10, log1p, log2, logn
- max, min, mul
- ncdf, nequal
- root, round, roundn
- sgn, sqrt, sum, swap
- trunc
- Trigonometry: acos, acosh, asin, asinh, atan, atanh, atan2, cos, cosh, cot, csc, sec, sin, sinc, sinh, tan, tanh, hypot, rad2deg, deg2grad, deg2rad, grad2deg

选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → Explicit Reliability → Edit → References



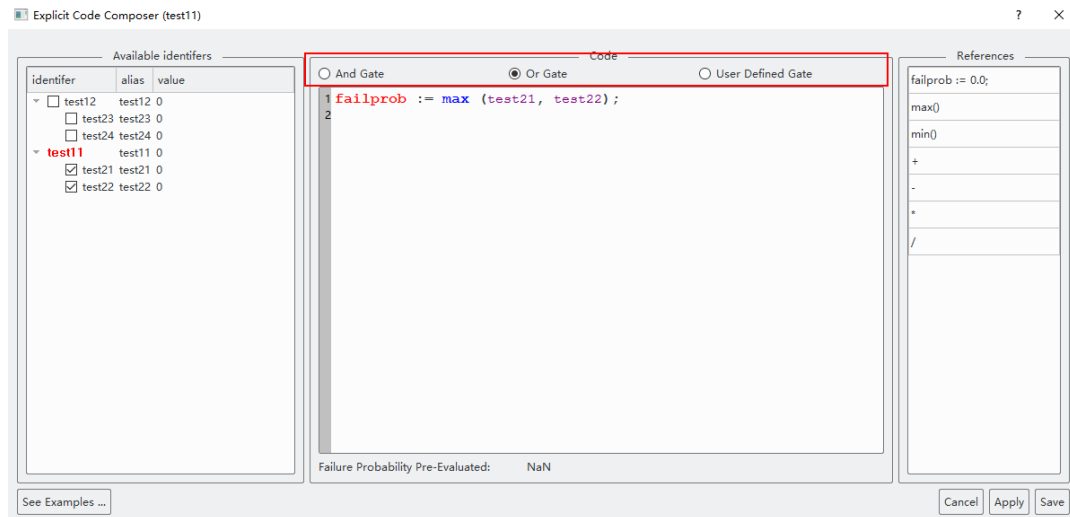
4.4.4 显式关系定义（逻辑门）

软件支持规范化故障树的逻辑门设计，包括：

➤ 与门（AND gate）

➤ 或门（OR gate）

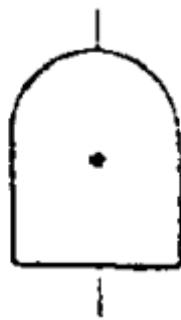
选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → Explicit Reliability → Edit → And Gate / Or Gate



4.4.5 故障树视图显示（体现关系）

当用户定义不同类型的显式关系之后，包括与门、或门以及自定义门，故障树能够分别通过符号进行区别。

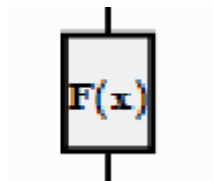
➤ 与门（AND gate）符号



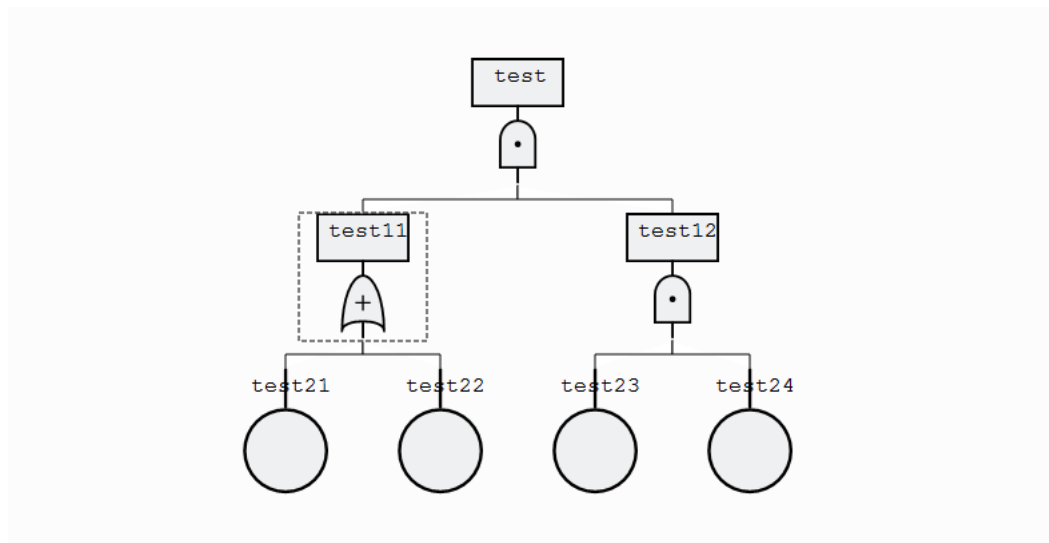
➤ 与门（AND gate）符号



➤ 自定义符号



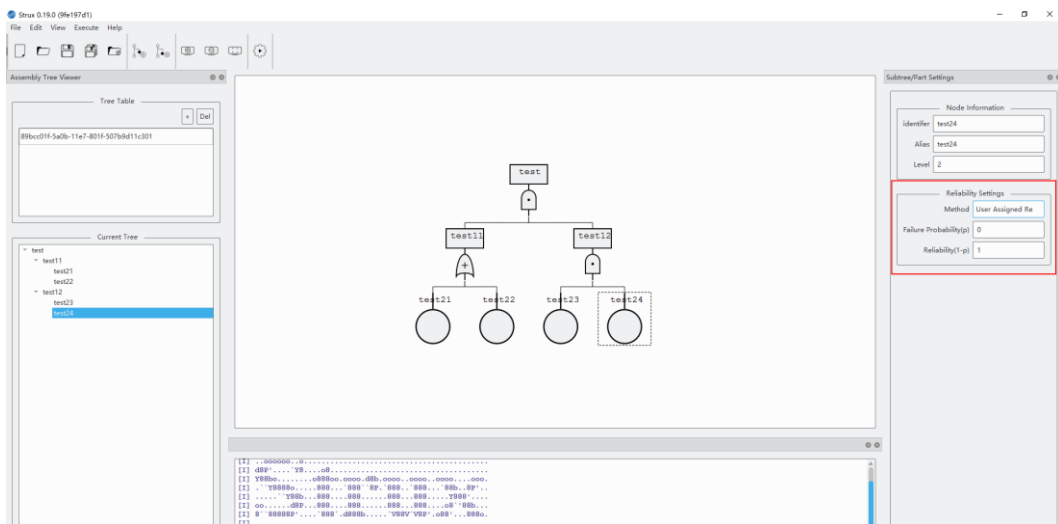
选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → Explicit Reliability → Edit → And Gate / Or Gate



4.4.6 自定义关系设计（用户输入）

节点可靠性相关信息可通过用户自定义的方式进行编辑,用户可以直接填写失效概率或可靠性,填写任意一个,另外一个自动刷新。

选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → User Assigned Reliability



4.4.7 自定义关系设计（货架产品）

节点可靠性相关信息可通过用户自定义的方式进行编辑，其中包括常见货架产品的计算公式，用户可以直接选择并调用该公式，仅需填写相关系数即可进行定义。

4.4.8 隐式关系设计（调用 Omnia）

在软件内可以直接调用并打开机械零部件可靠性分析软件 Omnia，进一步通过 Omnia 进行相关计算。

选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → Implicit Reliability → Configure / Run Omnia

4.4.9 隐式关系设计（抓取 Omnia 结果）

在软件内可以抓取机械零部件可靠性分析软件 Omnia 的计算结果。

选中节点 → Sub Tree / Node Setting → Reliability Setting → Method → Implicit Reliability → Extract Result

Simul 0.18.0 (64/197d1)

File Edit View Execute Help

Assembly Tree Viewer

Tree Table

Identifier	Alias	Level
88b0d1f5a0b-11e7-801f-5076d11c301		

Current Tree

- test
 - test11
 - test12
 - test21
 - test22
 - test23
 - test24

Subtree/Part Settings

Node Information

Identifier: test24
Alias: test24
Level: 2

Reliability Settings

Method: Implicit Reliability
Failure Probability(p): 0
Reliability(1-p): 1
Implicit Model(Omnia Project Name): fig.x = 0

Configure Omnia ...
Run Omnia
Extract Result

[1]
[1] dBP'....YB...oB.....
[1] YBBo.....oBBo.....dBBo.....oBBo.....
[1] . 'YBBoBo.....oBBo' BP' oBBo' oBBo.....BP'..
[1]YBBo.....oBBo.....oBBo.....YBBo'..
[1] oo.....oBP'..oBBo.....oBBo.....oBBo.....oB' oBBo..
[1] 9' oBBoBo'.....oBBo' oBBoBo.....YBBo'YBBo' oBBo'..oBBo..
[1]

5. 快速使用

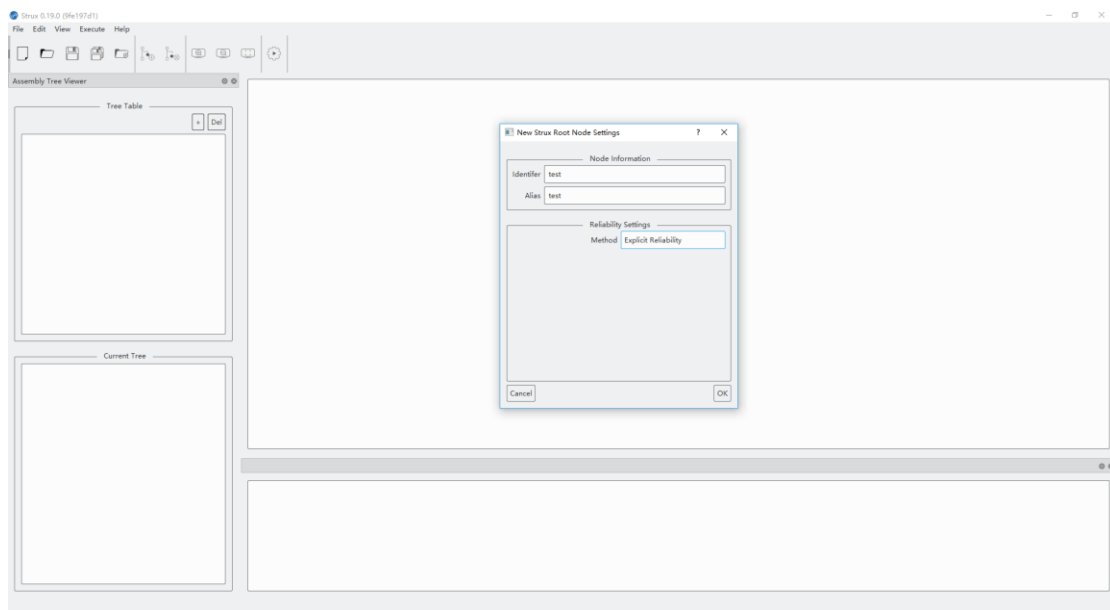
5.1 计算示例 1

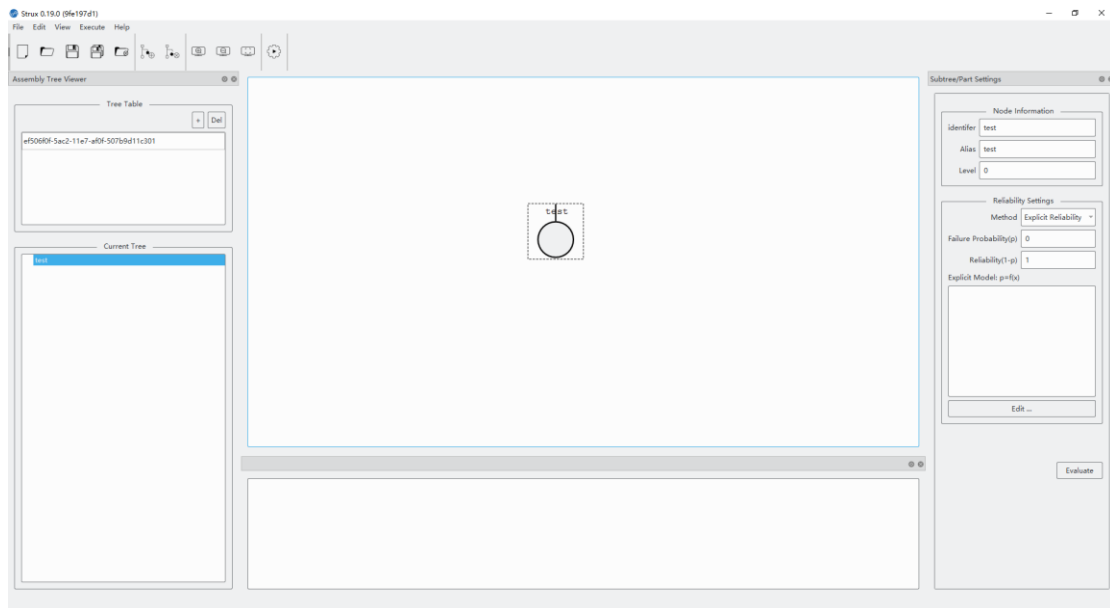
1) 打开程序



2) 新建顶事件（根节点）

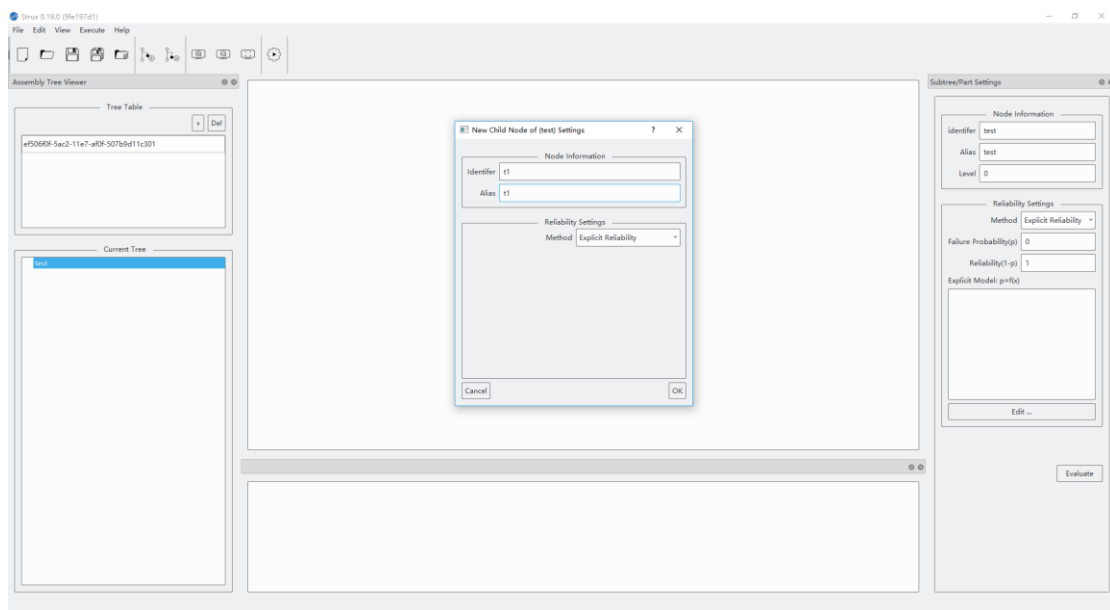
根节点的显示名称与变量名称均设为 **test**，关系类型为显式关系。

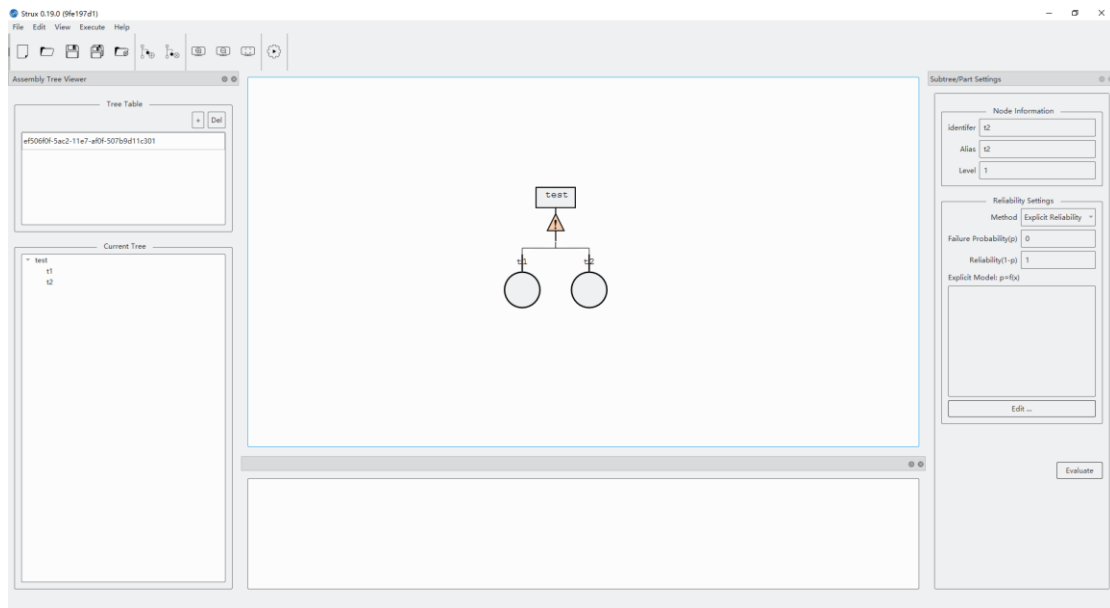




3)建立第一层子节点

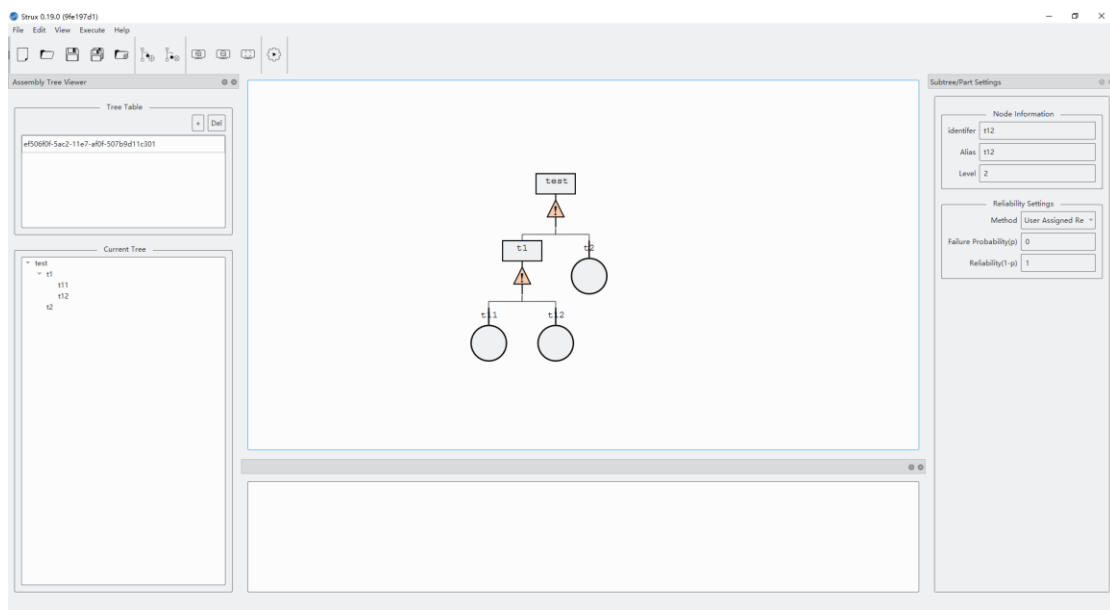
选中根节点，分别建立两个互为兄弟关系的子节点，节点的显示名称与变量名称相同，分别为 t1 和 t2，关系类型为显式关系。





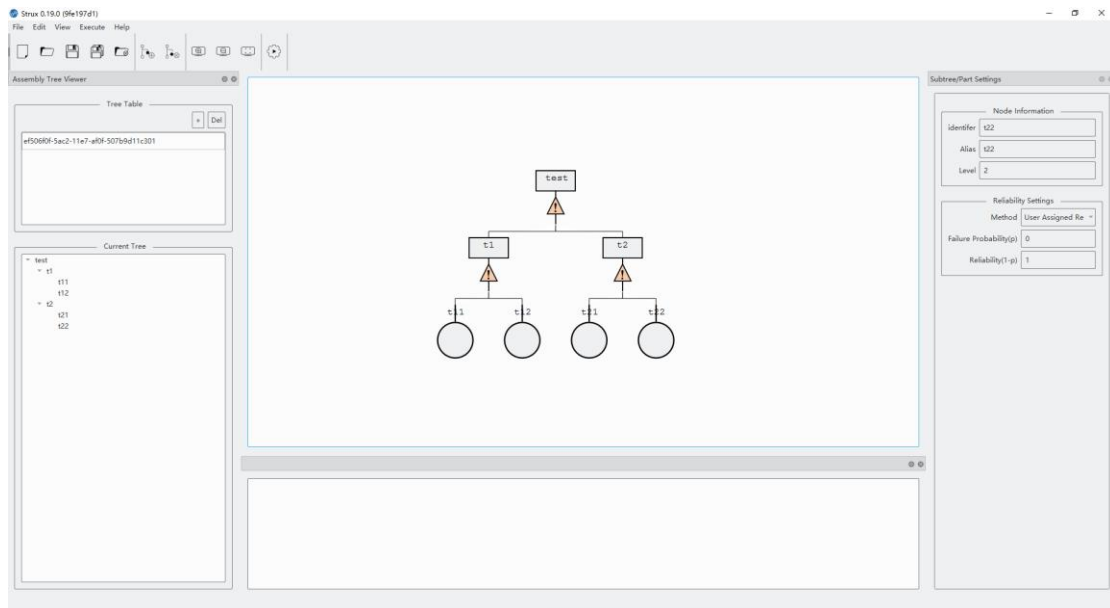
3) 建立 t1 的子节点 t11 和 t12

采用同样办法，选中 t1 节点，分别建立其子节点 t11 和 t12，节点的显示名称与变量名称相同，关系类型为用户自定义。



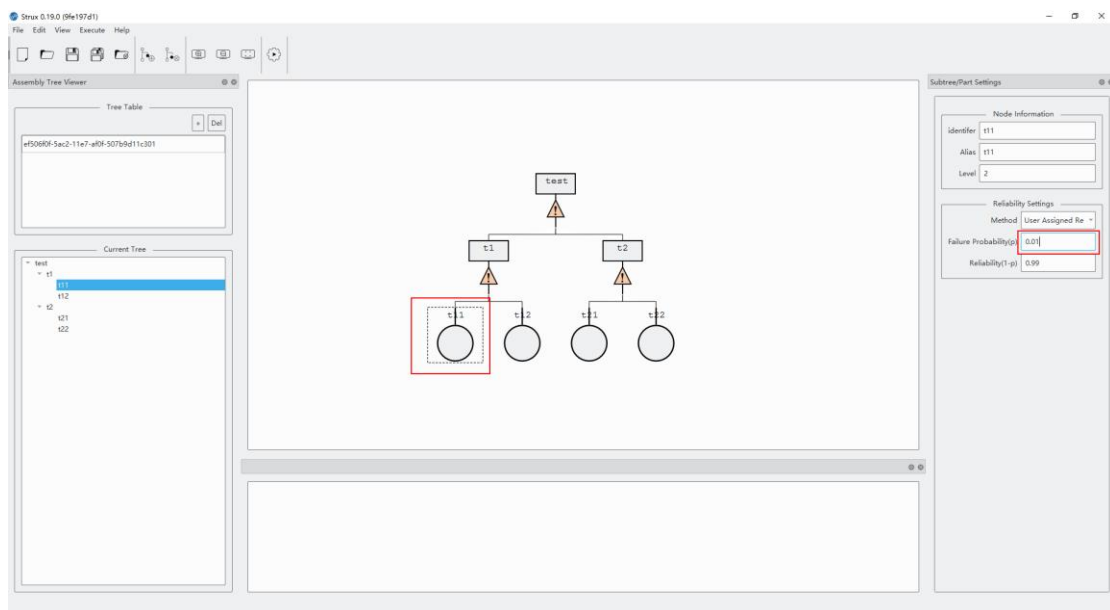
4) 建立 t2 的子节点 t21 和 t22

采用同样办法，选中 t21 节点，分别建立其子节点 t21 和 t22，节点的显示名称与变量名称相同，关系类型为用户自定义。



5) 定义 t11, t12, t21, t22 的失效概率

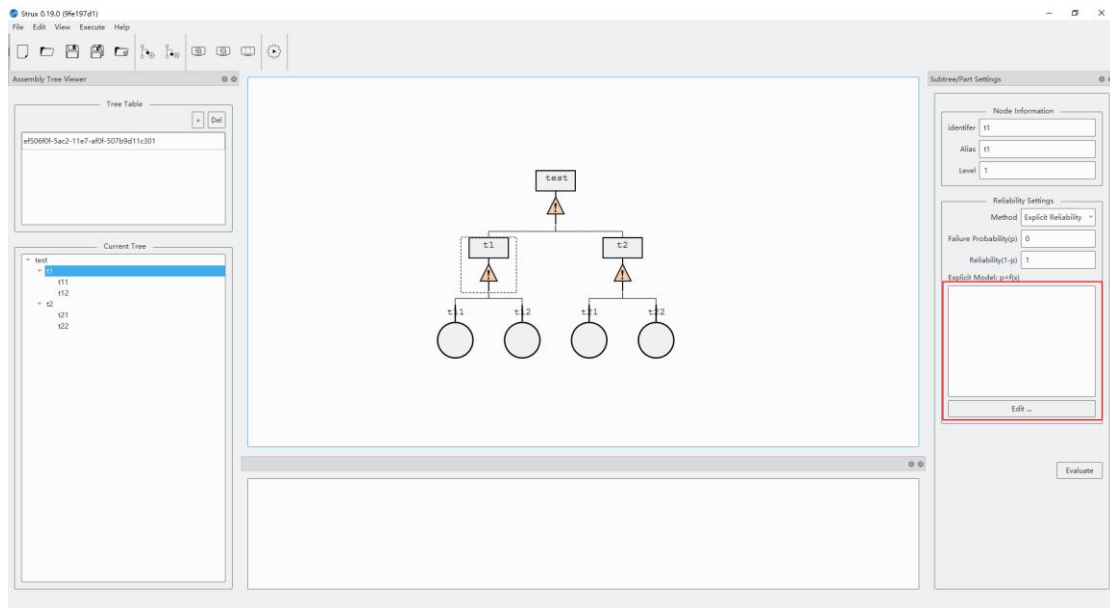
选中节点 t11, 软件右侧边栏 Subtree/Part Setting 切换至 t11 节点属性编辑界面, 在 Reliability Setting 中定义 Failure Probability 为 0.01。



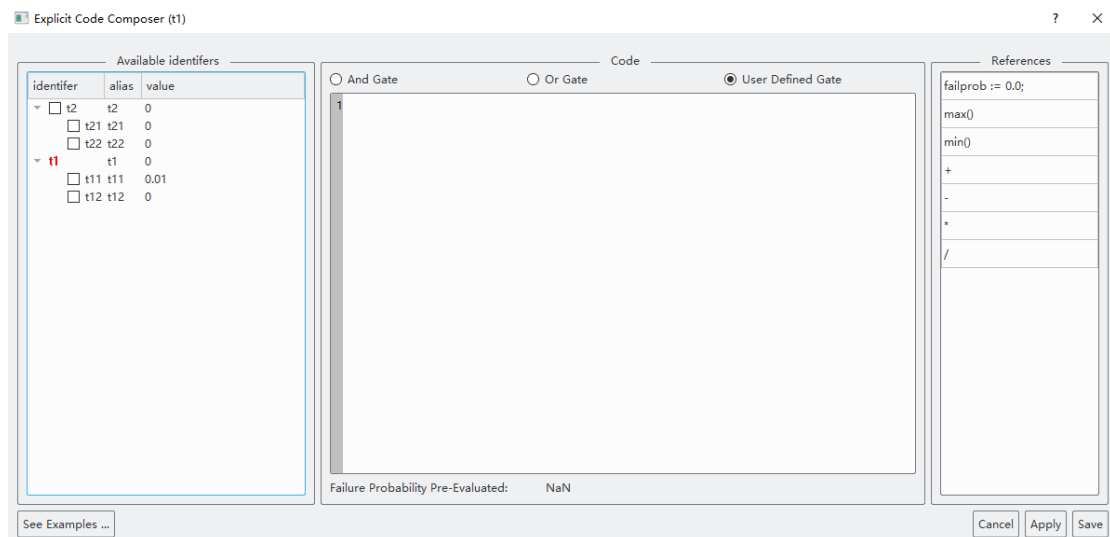
依次定义 t12, t21, t22 的失效概率分别为 0.02, 0.03, 0.04。

6) 定义 t1 与其子节点 t11, t12 的显式关系

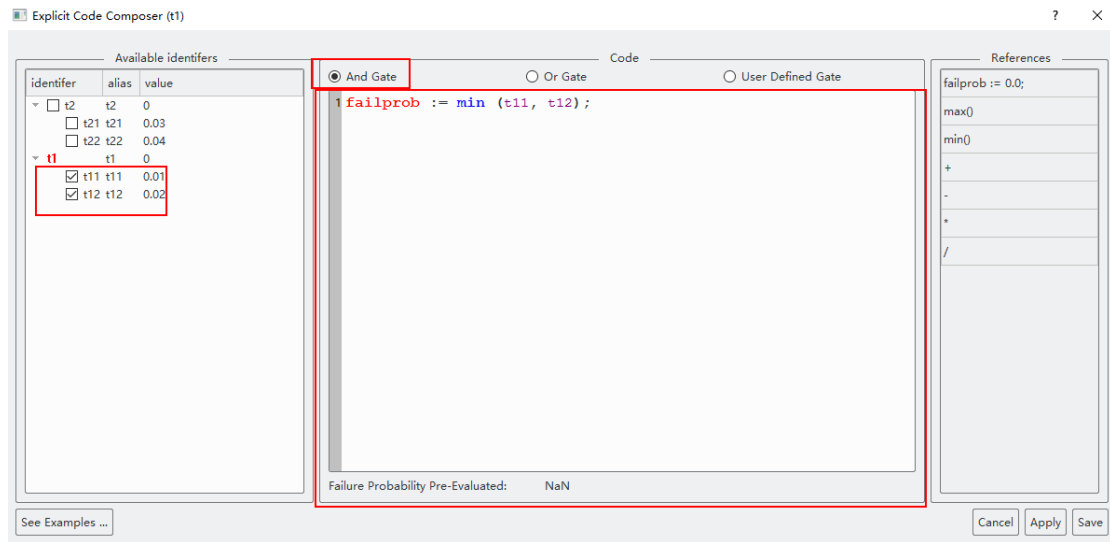
选中节点 t1, 软件右侧边栏 Subtree/Part Setting 切换至 t1 节点属性编辑界面, 可以看到其中 Explicit Model 为空。



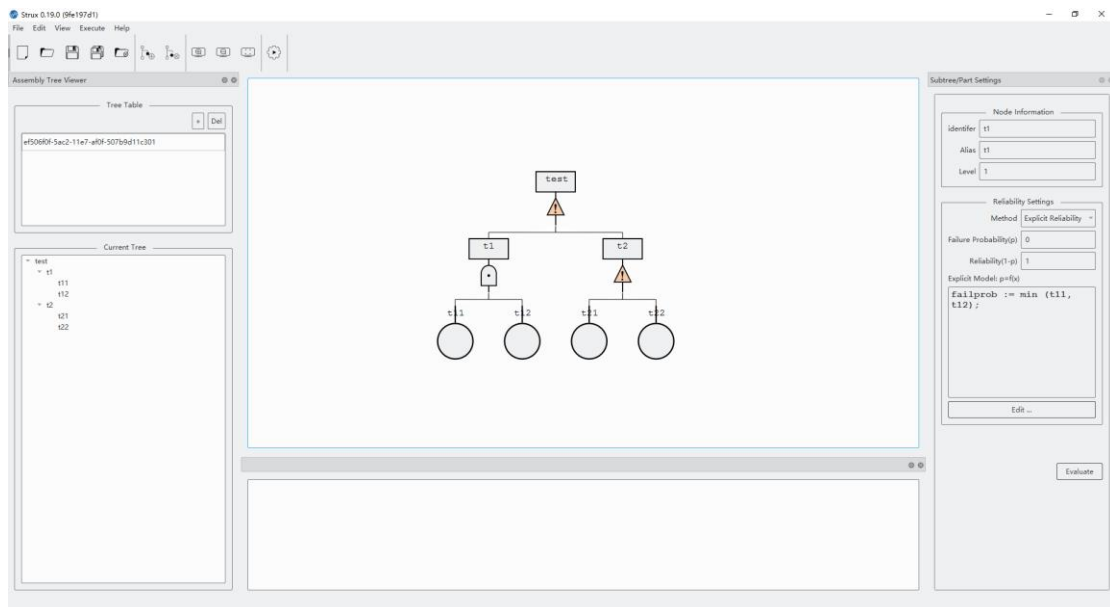
选择编辑进入显式关系编辑器，同时软件会自动遍历该节点的相关变量，并以树形形式展示于编辑器左侧边栏 Available identifiers。



勾选其子节点 t11, t12 为依赖变量。并选择逻辑门为与门，相关变量以及函数关系会自动载入。

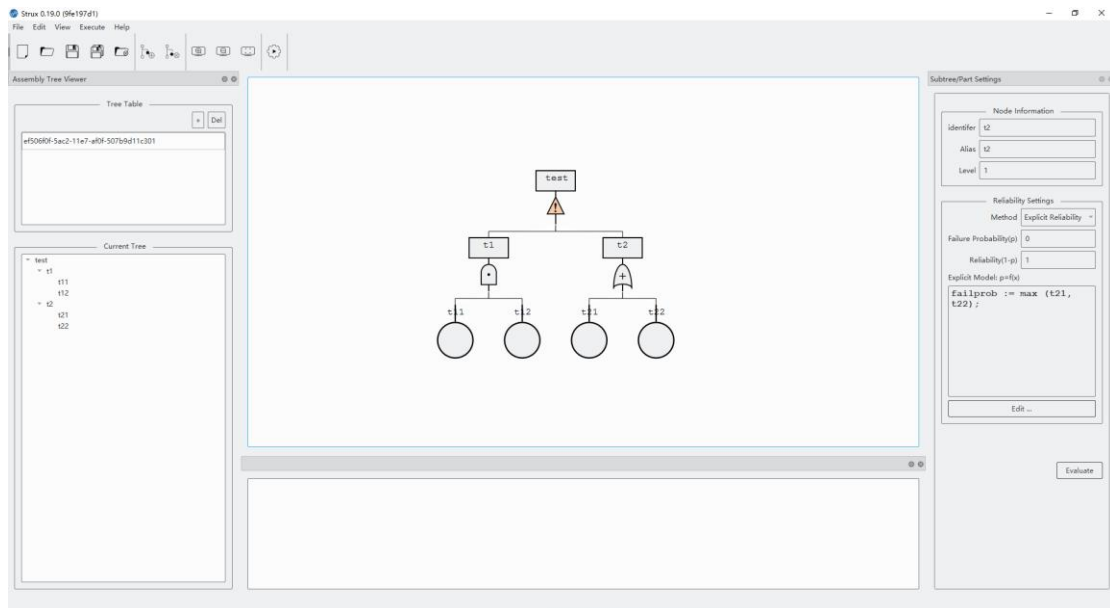


选择 Save 完成定义



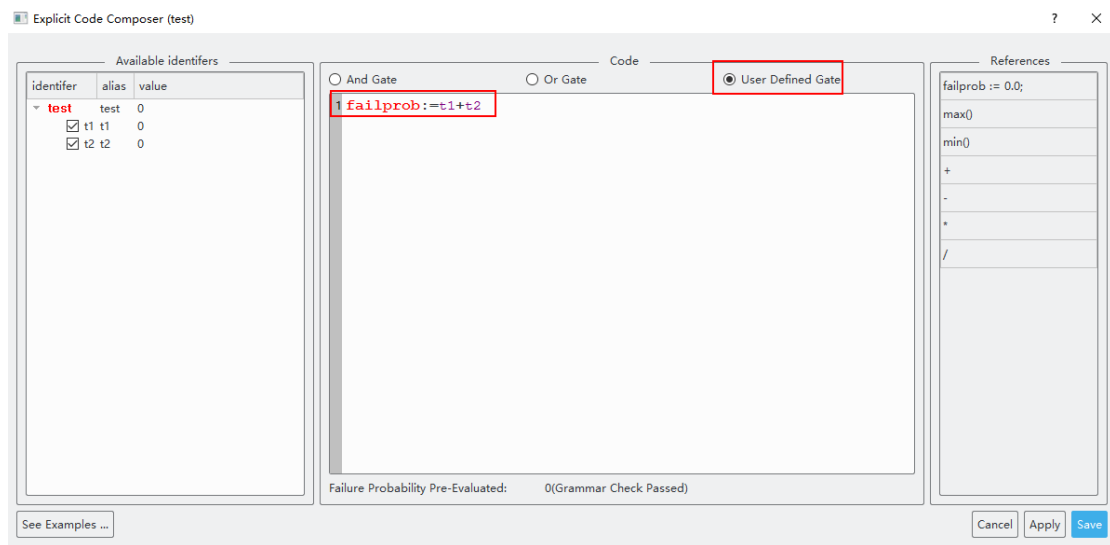
7) 定义 t2 与其子节点 t21, t22 的显式关系

采用同样的方法，定义定义 t2 与其子节点 t21, t22 的显式关系，逻辑门选择或门。



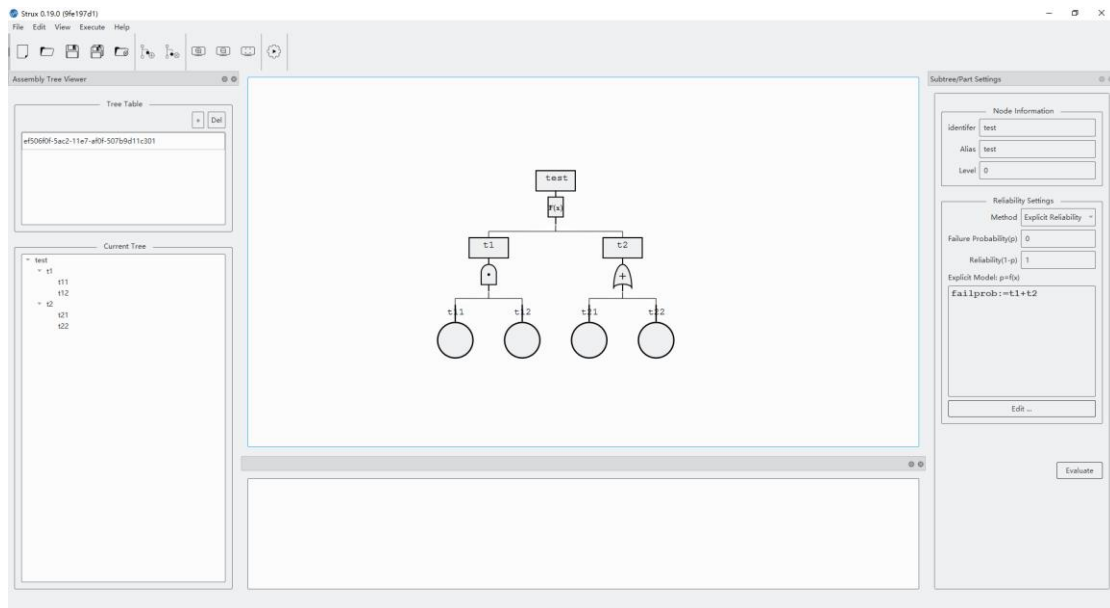
8) 定义 test 与其子节点 t1, t2 的显式关系

采用同样的方法，定义定义 test 与其子节点 t1, t2 的显式关系，这里选择用户自定义门。



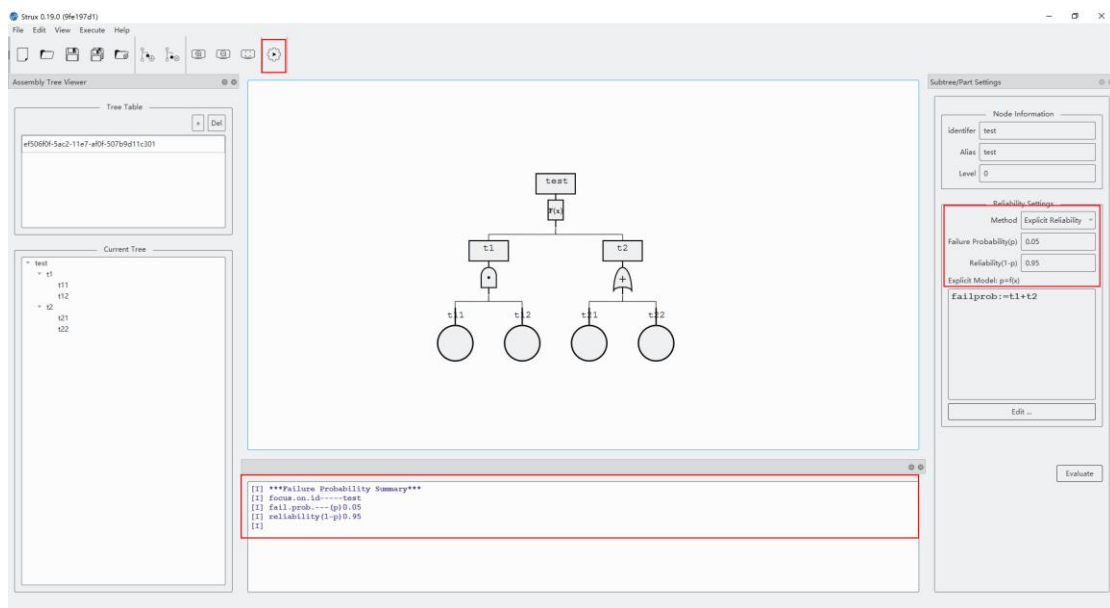
在 Code 界面输入以下公式。

$$failprob := t1 + t2$$



9) 执行计算并查看结果

选择工具栏中的 run 执行计算



可以分别在状态栏以及节点属性中看到计算结果，根节点的失效概率为 0.05。

同时，分别选择节点 t1 与 t2，在其属性栏同样可以看到其对应的失效概率与可靠性。

Strow 0.19.0 (94e157d1)

File Edit View Execute Help

Assembly Tree Viewer

Tree Table

Del

Current Tree

test

t1

t2

t1

t2

t1

t2

Subtree/Part Settings

Node Information

Identifier: t1

Alias: t1

Level: 1

Reliability Settings

Method: Explicit Reliability

Failure Probability(p): 0.01

Reliability(1-p): 0.99

Explicit Model: $p(t,x)$

failprob := min (t11, t12);

Edit ...

Evaluate

Failure Probability Summary

[1] focus on id: test

[2] failprob: (p)0.05

[3] reliability(1-p)0.95

[1]