Cantata 10.0 的新特性

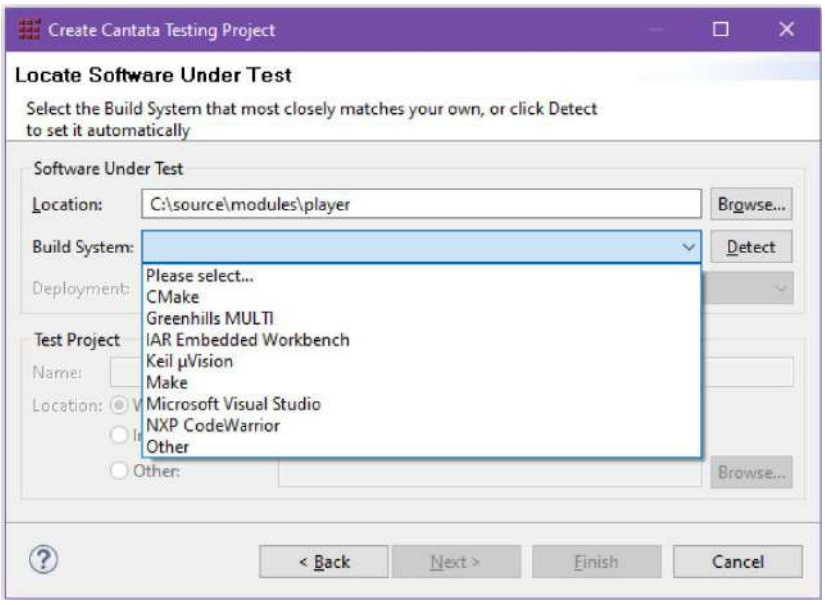
产品概述

德国 QA Systems 公司的 Cantata 是围绕 C/C++语言的特点而设计的，能够满足开发者进行高效的单元和集成测试的需求。具有一整套包含单元和集成测试、独特的 AutoTest 测试、覆盖率分析、代码静态分析、测试需求追踪、代码变更分析、测试驱动开发、客户化代码注入、命令行和目标环境部署向导等功能。

功能特性

- **建立测试工程时识别源代码构建工具链**

对于那些使用非 Eclipse 环境工具链构建的代码来说，在 Cantata 中建立 Eclipse 测试工程是比较耗时的事情。用户不得不需要在 Eclipse 工程中设置他们本来的工具链。Cantata Testing Project 向导自动化完成上述准备工作，该向导自动检测和导入构建系统的设置，支持如下工具链：CMake、GreenHills MULTI、IAR Embedded Workbench、Keil uVision、Make、Microsoft Visual Studio、NXP CodeWarrior Development Studio。



© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

- **灵活的测试框架**

灵活的测试框架（测试脚本和支持库）支持单元和可扩展的集成测试的任何测试样式组合。测试可以在 GUI 中直接编辑为 C/C++代码，在嵌入式目标平台和主机平台上作为可执行文件运行。

- **黑盒与白盒测试**

高度自动化测试用例的创建提供了黑盒测试的功效和精度，以及更有效的全面的白盒测试。通过用户选择的或预定义的参数化循环测试，针对大型数据集的组合效果计算器和 CSV 导入/导出，可以实现强大的黑盒测试。通过 Cantata 精确的白盒测试，直接从测试脚本自动访问封装代码，无需条件编译，无需控制静态、私有函数以及数据。

- **健壮性测试**

健壮性测试能够很容易地使用 Cantata 规则集对基本数据类型值进行预定义，以循环测试用例的方式进行。自动检查所有可访问的全局数据是否在无意中发生更改。

- **面向对象的测试**

Cantata 面向对象测试由测试方法、模板或类的集群来实现。它们具有自动化：

■ 通过并行继承层次重用测试用例

■ 测试类继承已继承类的结构

■ 具体实现抽象基类（ABCs）或纯虚方法（PVM）

为了打破类依赖链并使 C++隔离测试变得容易，Cantata 自动发现并解析未被测试软件直接调用的未定义引用的依赖关系。

- **AutoTest 测试**

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

Cantata 自动测试生成完整的、可通过的单元测试脚本。测试用例向量可以在检查数据、参数和调用顺序时执行 100%的代码覆盖。自动测试创建回归单元测试的安全网，以减少对昂贵系统测试的依赖，并自动填补代码覆盖的缺口。

AutoTest 功能已扩展为支持 C++14 和 C++17 的所有语言特性（针对基于 G++的编译器）。对 C++03 和早期 C++版本的以下内容也提供支持：

- C++具体与抽象基类
- 重载和继承
- 名字空间和类
- 异常处理
- 在给定代码中显式实例化的模板
- 混合的 C&C++代码库

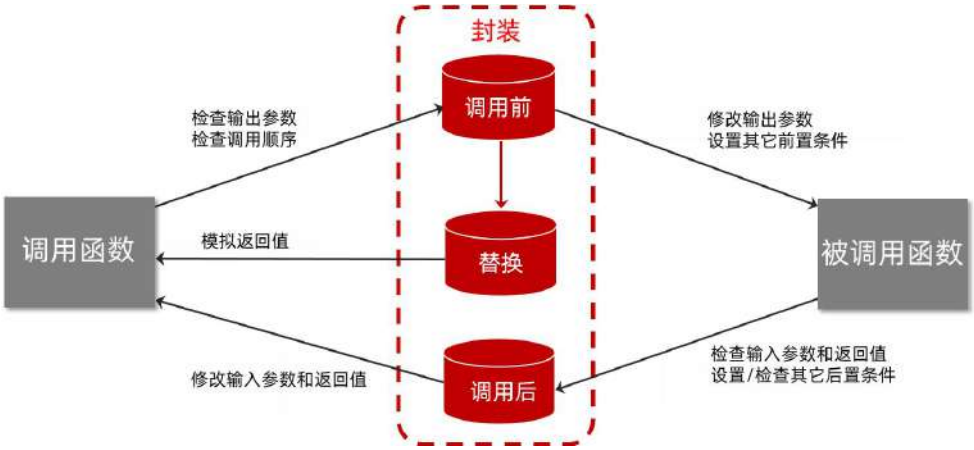
- **独特的调用控制**

Cantata 自动生成测试控制，模拟（桩）和拦截（封装）被测软件的所有函数调用，提供：

- 可选的自动检查参数和数据
- 针对不同调用行为的多个实例
- 每个测试用例中灵活的调用顺序验证
- 接口错误检测和错误注入
- 控制耦合测试

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

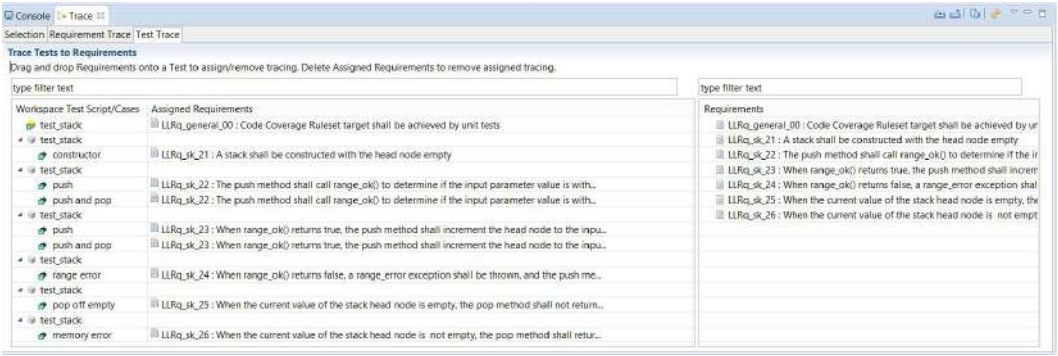
封装器拦截调用以验证被调用对象的实际行为，而不是假定行为或模拟行为。在模拟不可能或不可取（比如集成的内部调用、操作系统调用、硬件接口等）时，封装器提供了强大的调用控制。



- **需求追踪**

所有安全相关标准需求都要求测试用例或测试计划的双向可追溯性。需求或测试计划集被导入到 Cantata 服务器，通过拖放界面分配关系，然后使用 Cantata 测试导出结果状态和代码覆盖信息。

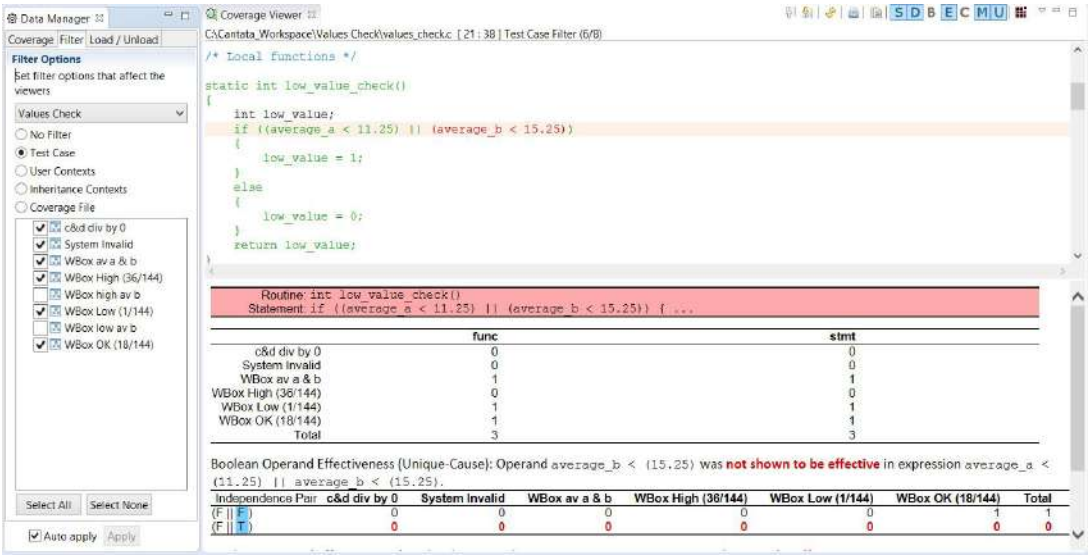
可以通过 CSV、MicrosoftExcel®或需求交换格式（ReqIf）导入/导出。满足您的工作流程和特定需求管理工具版本（例如 IBM®Rational®DOORs®、PTCIntegrity®、Polarion®REQUIREMENTS™）。Cantata 服务器还有一个完整的 REST API。



© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

- **代码覆盖率**

Cantata 代码覆盖提供了测试用例执行源代码（无论是否由 Cantata 测试驱动）的客观测量。自动化数据报告对所需代码覆盖率级别的集成检查，可以易于使用特定标准的 Cantata 覆盖规则集。



代码覆盖率使用以下指标衡量：

- 入口点
- 调用返回
- 语句
- 基本块
- 判定（分支）
- 条件
- MC / DC（屏蔽法和唯一原因法两种）
- 循环
- 关系运算符

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

针点型（Pin-point）诊断可以过滤或聚合完整项目代码树的覆盖。通过测试用例、测试运行、度量类型和代码前后关系（继承、线程、状态、数据耦合等），下拉到单个代码结构，进入每行代码中。自动测试用例优化有助于从大型数据集中选择测试用例向量，并减少回归测试消耗。

对于具有多个构建变体（Build Variant）的 C/C++代码，Cantata 使用预编译定义区分不同的构建变体，覆盖率视图显示相同源代码的多个构建变体的集合数据。还可以生成包含所有定义的集合覆盖率报告，适合作为源代码所有构建变体的证明证据。

```
#ifdef ALARM_PRESENT
    if (alarm_needed) {
        sound_alarm();
    }
#else
    write_status(status);
#endif
    return status;
}
```

Above: Coverage Viewer Showing Code Executed When Build Variant Does Not Include 'Alarm Present'

Right: Example Build Variant Report

```
=============================================================================
= Cantata Test Harness v9.0                                                 =
= (c) 2019 QA Systems GmbH                                                  =
-----------------------------------------------------------------------------
= Cantata Build Variant Report                                              =
=============================================================================

Input Preprocessor Log Files:
/home/liam/test_cpp_preproc/tmptest/expected_test_file_1.cpl

------------------------- File: 1. test_file_1.c
Preprocessor Directives:
test_file_1.c (7) else
test_file_1.c (11) ifdef DEF_2 >> NOT INCLUDED
test_file_1.c (13) else
test_file_1.c (17) ifndef DEF_4
test_file_1.c (19) else >> NOT INCLUDED
...
------------------------- File: 2. test_file_2.c
Preprocessor Directives:
test_file_2.c (5) if DEF_0 >> NOT INCLUDED

=============================================================================
= File                                  Included  Not Included    RESULT =
-----------------------------------------------------------------------------
= 1. test_file_1.c                          12            26   >> FAIL =
= 2. test_file_2.c                           0             1   >> FAIL =
-----------------------------------------------------------------------------
= TOTALS                                    12            27   >> FAIL =
=============================================================================
```

对于内存较小的目标平台，Cantata 的覆盖率延迟分析功能很有用，它把在目标上收集的覆盖数据传递回主机，然后再运行覆盖检查和报告。此项功能已经包含在 SGS-TÜV SAAR GmbH 的工具认证中。这意味着使用此方法生成的.ctr 报告现可用作认证证据。

- **代码变更确认和基于变更的测试**

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

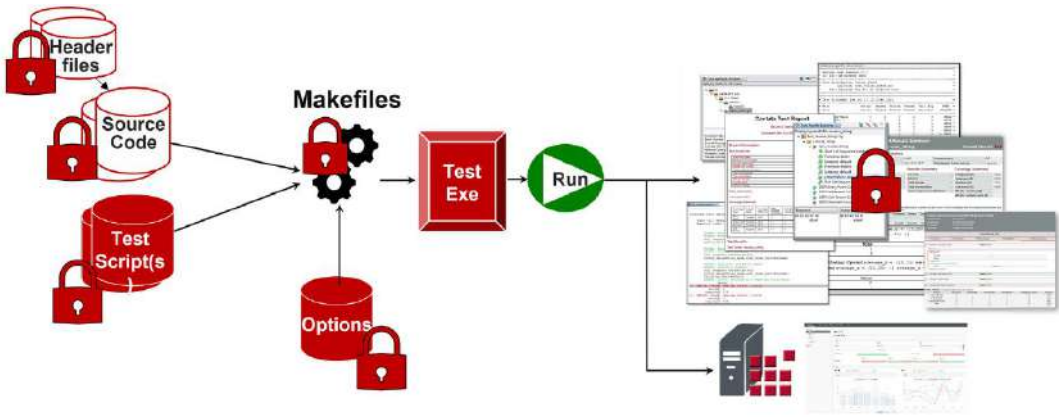
代码变更和测试依赖性分析可以发现哪些代码发生变化并影响现有的测试脚本、哪些测试脚本被代码修改所影响。针对代码的变更，提供指导性的测试脚本更改建议和自动重构。

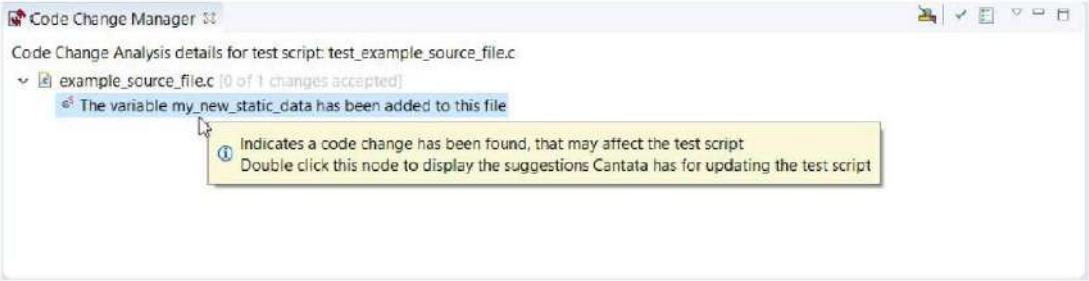
作为更有效的回归测试策略，基于变更的测试的概念是，对那些发生了变化的代码或者构建方式发生变化的代码，只执行测试的一个子集。当代码变更时，找到受其影响的 Cantata 单元和集成测试并且仅仅运行这一部分测试，此种能力大大提高了确保没有引入回归错误的时间效率。当工程师想要快速验证代码变更或构建选项的变更没有引入回归错误时，或者在持续集成过程中代码分支被检入时快速执行适当的测试时，此功能是非常有效的。

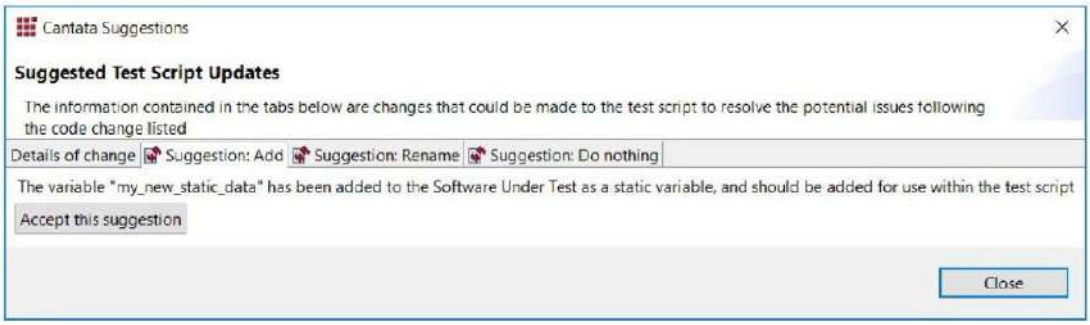
Cantata 为单元或集成测试的所有部件使用了一个内置的 Checksum，对任意给定的测试，它是唯一的。这些部件包括 Cantata 测试脚本、脚本包含的任何测试数据头文件、被测代码及其头文件、以及 Cantata Makefile 和用于构建测试的 Cantata 选项。测试的每一次运行，这些测试部件的资产和唯一的 Checksum 都会更新。这是一种综合的受控的测试基线，它允许识别所有受到影响的 Cantata 测试，无论哪一个变更对其产生影响。

这种影响分析允许定期执行持续集成样式的构建，而无需每次完全重新运行每个测试。回归测试由此成为基于变更的测试。

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020





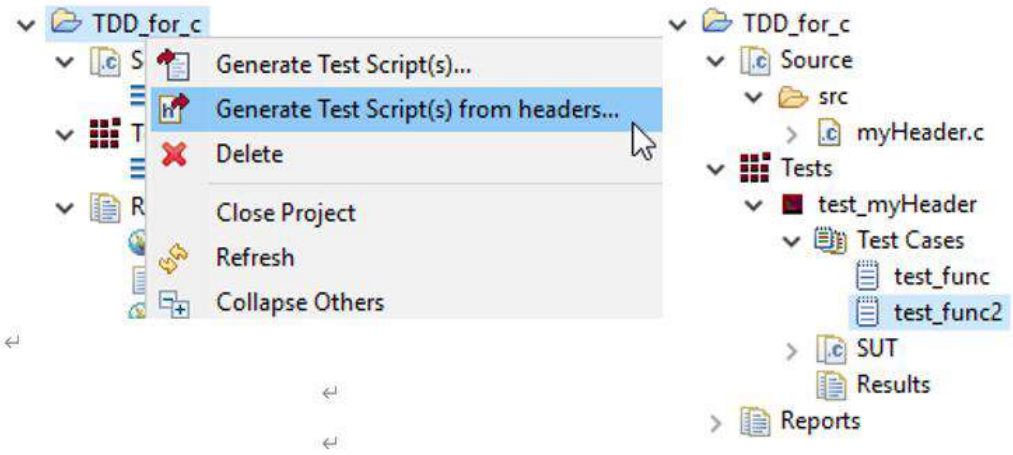


- **测试驱动开发（TDD）**

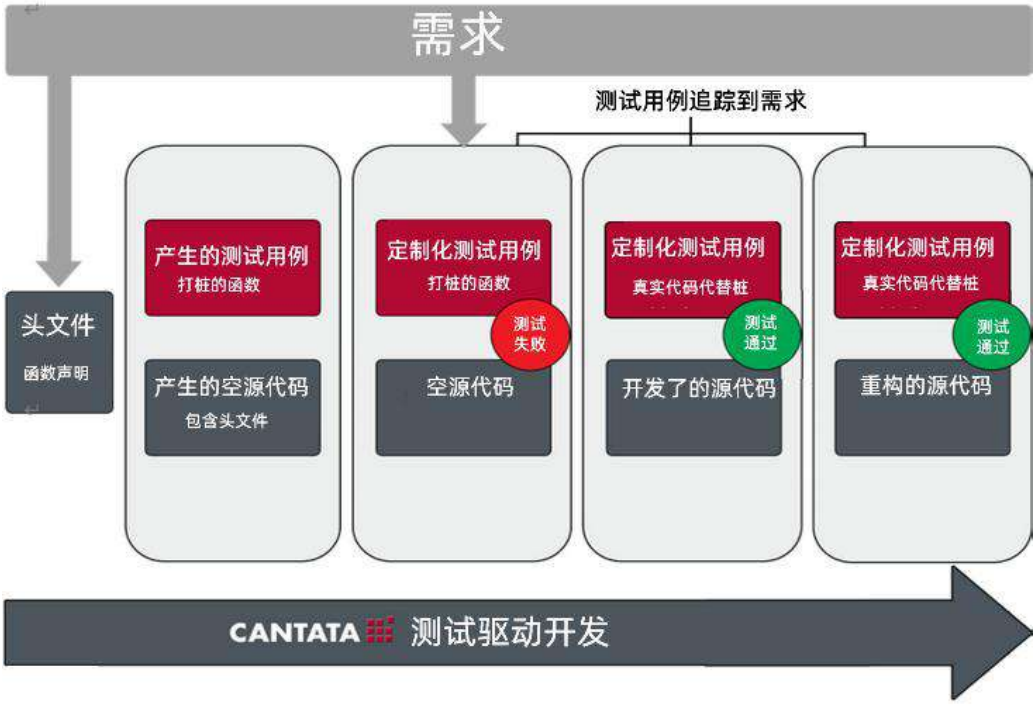
在 TDD 的开发方法中，单元测试是在源代码实现之前编写的。这种敏捷技术确保测试用例的开发重点是从需求而不是从源代码实现开始，因此可以帮助工程师编写出“更干净”的代码。

Cantata 具有支持 TDD 的新功能，轻松地为尚未编写的源代码生成测试。一旦在头文件中创建函数原型，TDD 函数就可用于生成测试用例。使用 Cantata for TDD 改进了 TDD 中常用的简单黑盒测试，进行完整的白盒测试，因为 Cantata 可以直接调用被封装的代码内部，可以访问私有/静态数据和函数。

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020



测试脚本是自动生成的，为头文件中定义的每个函数原型生成一个测试用例。以这些用例为基础创建更多的测试用例，避免手动将函数原型中包含的信息添加到测试用例中。头文件中声明的任何全局数据同样会被自动地进行设置和检查。Cantata TDD 生成了空源文件，因此函数体一旦有了实现，就可以简单地重建和运行测试以测试新代码。



© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

Cantata Trace 功能可与 Cantata TDD 结合使用，以便根据需求改进测试用例的开发。测试用例在设计时就可追踪被导入的需求。测试用例、代码和需求之间的关联让所有工作更加清晰，并使以后的代码重构变得更加容易。

为尚未编写实现的所有函数生成桩函数，这使得测试用例能够在代码完全实现之前运行。当函数有了实现，就可以使用 Cantata 的变更分析功能自动删除这些桩函数或将其转换为 Cantata 封装函数（以拦截并继续检查对这些对象/函数的调用）。一旦测试通过，源代码就可以重构并重新运行测试以确保它们仍然通过。

- **定制化代码插装**

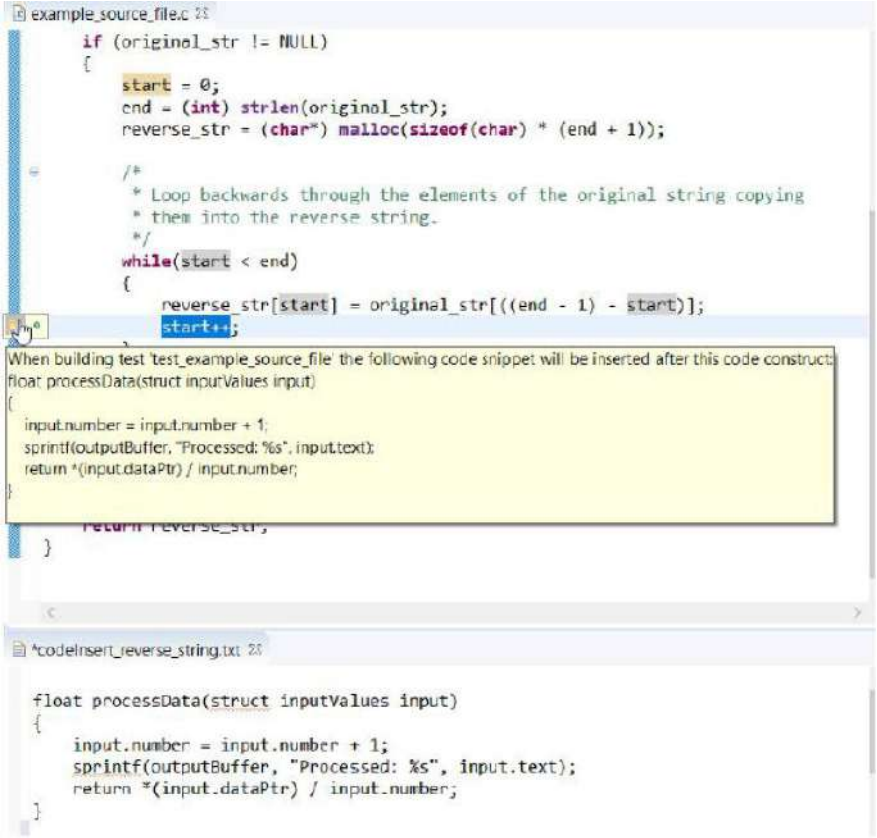
为了测试的需要，有时可能会在产品化的代码中以条件编译的方式进行修改，但是这种做法可能会导致：生产环境中的潜在意外行为、遗留测试代码的膨胀、代码的可维护性和清晰度降低，等等问题。

Cantata 提供的定制化代码插装能力允许在被测代码的任意位置插入额外的代码，但并不修改生产代码，避免上述问题。此功能允许测试人员：

- 注入错误
- 避免使用调试跳转
- 改变局部变量的值
- 改变变量和寄存器的值
- 从无限循环中跳出
- 触发中断

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

定制代码可以通过 C/C++编辑器指定具体插入的位置。插入的代码存在单独的文件中，可以由一个或者多个测试脚本使用，通过新的测试属性工具栏和 C/C++编辑器来控制。



- **持续测试**

Cantata 在测试创建时自动生成 Makefile 文件，以批处理的方式对整个测试进行编译、链接、配置、执行和获取结果。它们可使用现有的 Make 文件，且易于与开源或商业的持续集成工具集成。

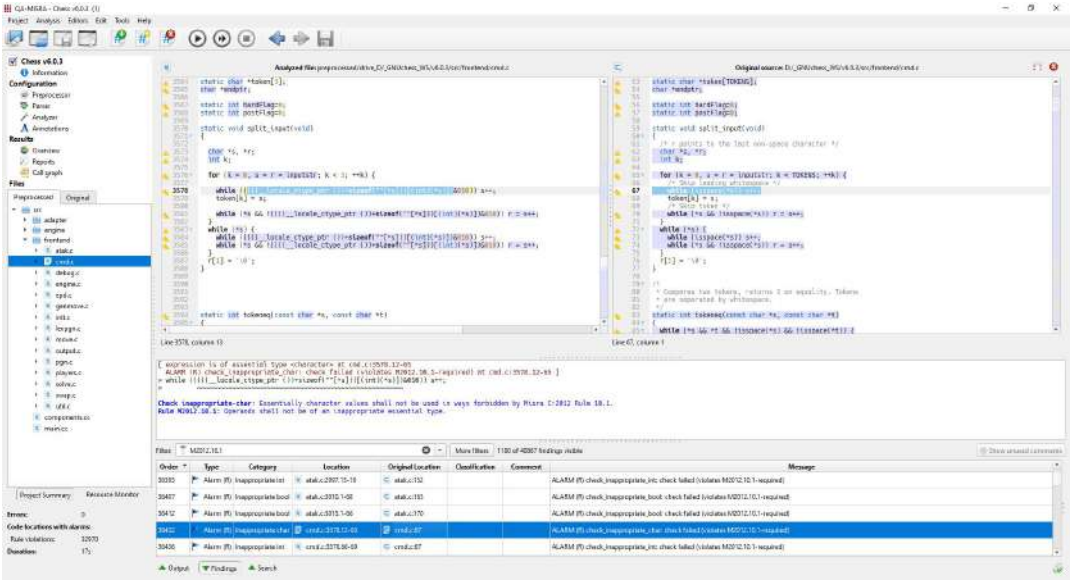
- **集成静态分析**

QA Systems 的静态分析工具 QA MISRA 与 Cantata 无缝集成。QA MISRA 提供代码编程规则检查，支持 MISRA C:2004/2012/2012 AMD 1&2、HIS Metrics、

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

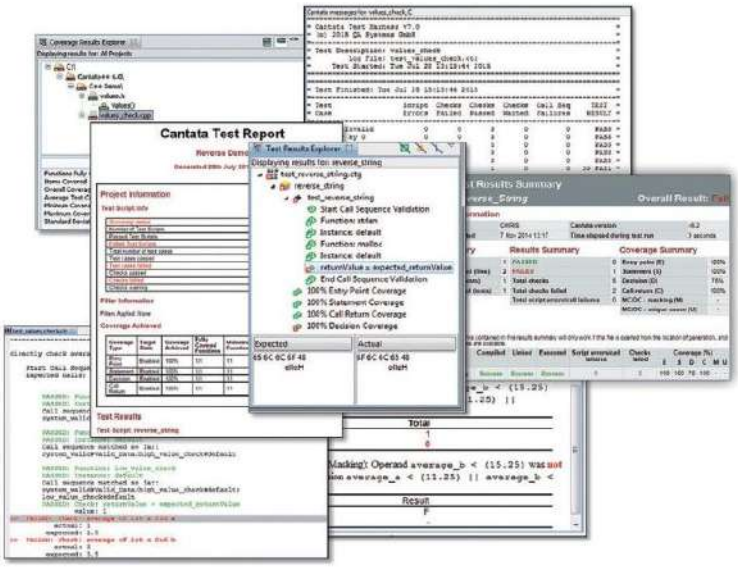
ISO/IEC TS 17961:2013、SEI CERT C/C++、CWE、MISRA C++:2008、AUTOSAR C++14 等规则。

此功能是可选的。



- **诊断和报告**

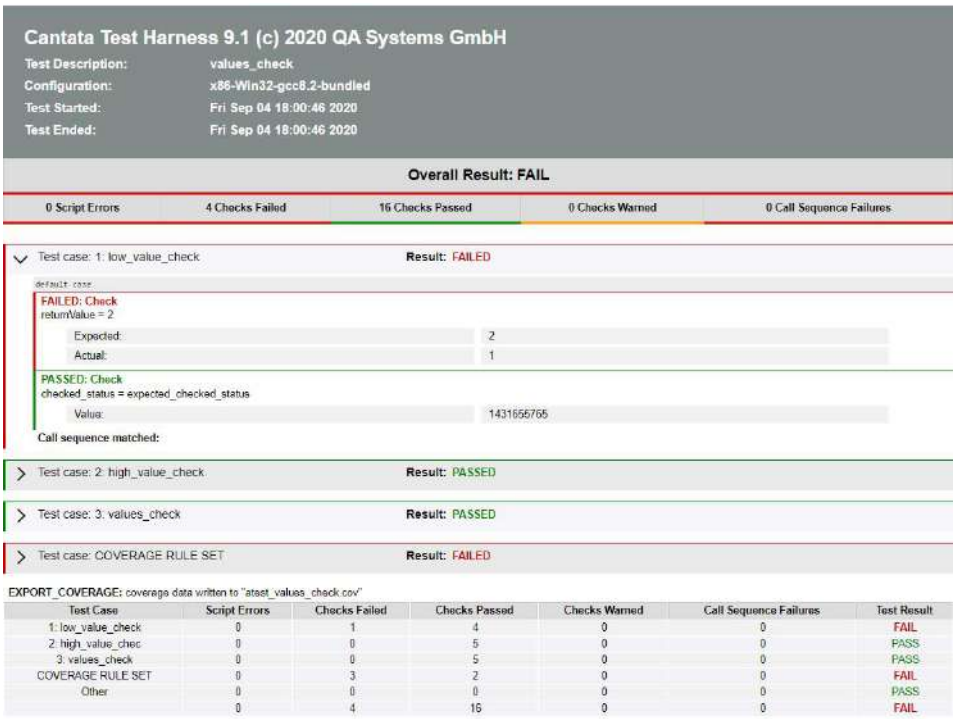
Cantata 在 Eclipse®GUI 中提供了强大的过滤功能，诊断测试和代码覆盖结果；灵活的用户可配置的 XML、HTML 格式报告和用于安全标准认证的 ASCII 文本。



© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

Cantata 提供了命令行和图形界面两种方式使用一个新的经过认证的产品组成部分（一个可执行文件），将 Cantata Test Results（.CTR 文件）从纯文本转换成 HTML 格式。它将测试结果输出为单个 HTML 文件，此文件可以作为测试结果的认证证据提交，用以符合 Cantata 支持的各个安全标准。HTML 格式比较早版本的纯文本（.ctr）格式更加友好。

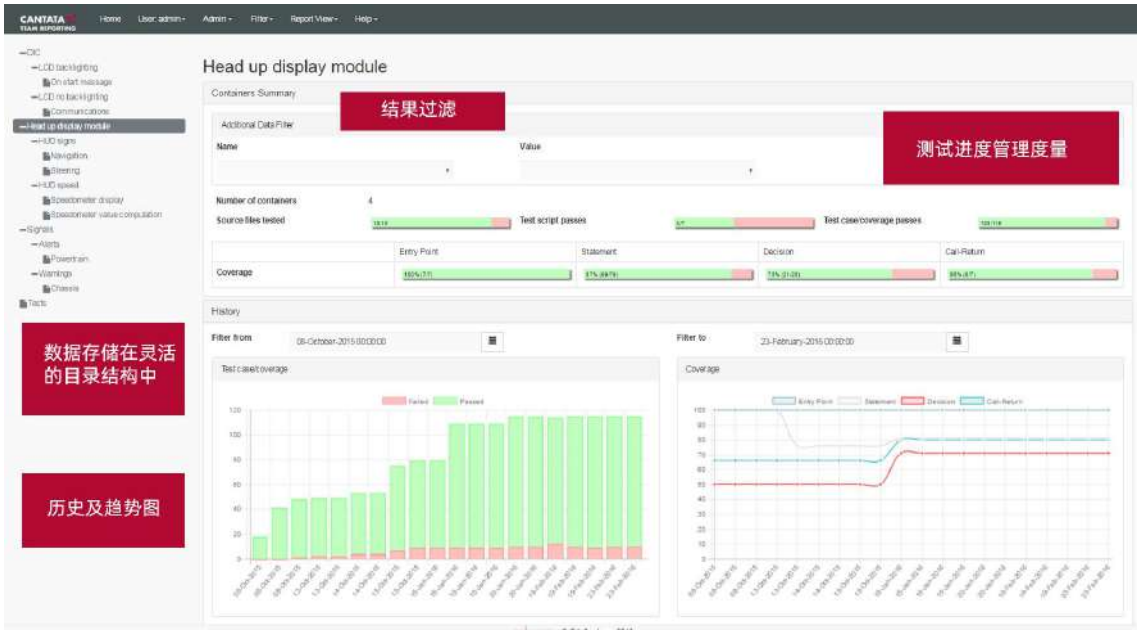
HTML 格式的 CTR 文件里面的内容段落能够展开/合起，深入测试用例的详细结果，也为检查、诊断和错误提供了容易辨识的颜色。



- **团队报告（Team Reporting）**

团队报告是可选插件，使用客户端-服务器体系结构，Web 界面和 REST API，使分布式团队能够更有效地工作。

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020



兼容你的工作环境

Cantata 可以安装在 Windows®和 Linux®主机操作系统上，建立在 Eclipse 2019-12 发行版（Eclipse 4.14）之上，也可以作为一个 Eclipse-Ready 插件安装到从 Luna（4.4）到 Eclipse 2022-06（4.24）的环境中。

对 GNU GCC 和 G++编译器的支持已经扩展到 Windows 上的 8.2 版本和 Linux 上的 12.1 版本。

完全支持 C++17 的所有语言特征。

并且还集成了大量的嵌入式开发工具链：

- IDEs/RTOSs
- 交叉编译器
- 调试器
- 构建/持续集成

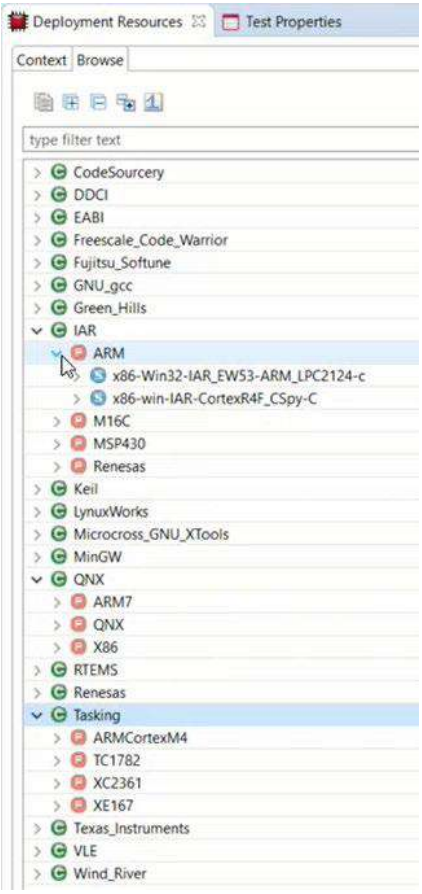
© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

- 软件配置管理
- 需求管理

- **无限制嵌入式目标**

对于目标环境，内置向导提供无限制的部署和使用，无需任何许可限制。Cantata 部署包括与代码兼容的库，配置选项和二进制文件。这些都是经过测试和控制的，用于安全相关项目的认证使用。

Deployment Resources 组件包含丰富的 Cantata 目标设置选项，用于交叉编译器、芯片架构、内存设置、语言扩展等。这个库是从数百个在 QA Systems 注册的完整 Cantata 目标部署中创建的。在未来的每个版本中，此库都将使用所有已注册的 Cantata 目标部署的新设置进行更新，以便所有用户都能从使用 Cantata 的嵌入式平台配置不断增长的安装基础中获益。



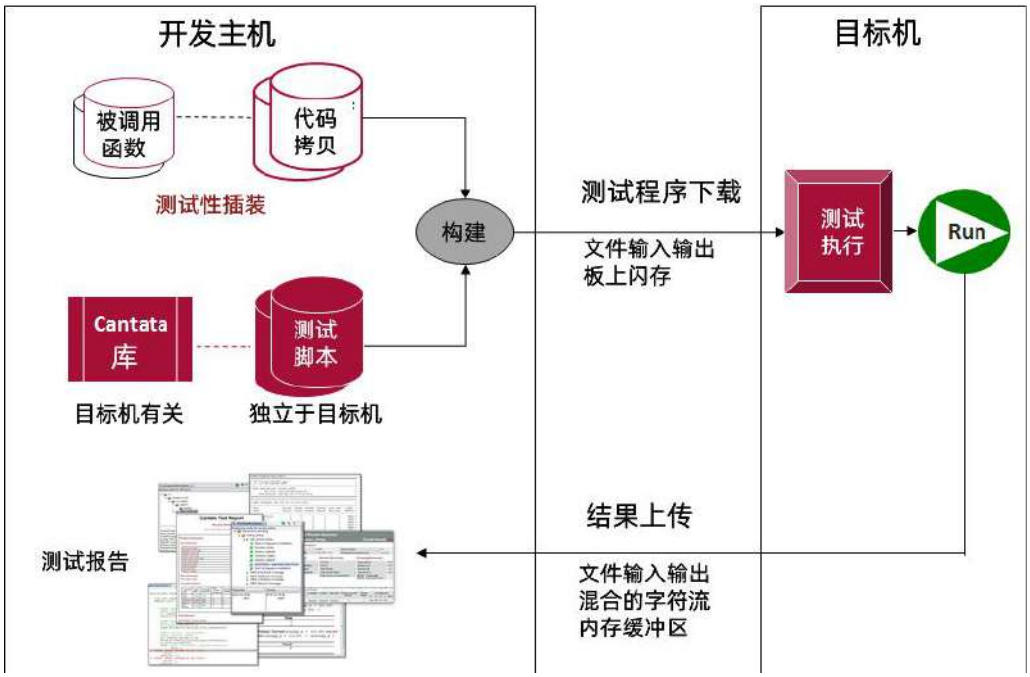
© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

- **在目标上简单灵活的测试**

Cantata 测试（平台无关测试脚本在 C / C ++和平台特定部署）构建为 C / C ++可执行文件，在目标平台上加载运行，就如同在以下位置运行自己的代码一样：

- 模拟器
- 仿真器
- 物理目标板

功能和代码覆盖测试结果直接返回给主机，得出诊断和报告。该过程使用 Cantata 完全自动创建文件、测试脚本、平台定制，方便灵活地从 GUI 或 CLI 完成目标测试。



用户代码由具有目标兼容库的便携式测试脚本驱动，并且构建为单个测试可执行文件，在多个主机或目标平台上运行。程序用于白盒访问和代码覆盖，因此无需为测试修改产品代码。

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

符合安全标准

国际软件安全标准要求提供低级别（单元和集成）测试的证据，以获得设备软件的认证。

此外，大多数标准要求所使用的测试工具必须经过认证/合格或通过使用得到证明。Cantata 已经获得了 SGS-TUV SAAR GmbH 的独立认证。特定标准的 Cantata 工具认证包是免费提供的，包含所有需要的开箱即用的东西，帮助您获得设备软件认证的全面指导。

SGS

SGS TÜV SAAR

CERTIFICATE NO FS/71/220/20/0626 — **PAGE 1/1**
ZERTIFIKAT NR. — SEITE(N)

LICENCE HOLDER
GENEHMIGUNGSINHABER

QA Systems GmbH
Roggenstraße 11
71334 Waiblingen
Germany

MANUFACTURING PLANT
FERTIGUNGSSTÄTTE

QA Systems Ltd
2 Palace Yard Mews
Bath, BA1 2NH
United Kingdom

PROJECT NO/-ID
PROJEKT-NR/-ID
K3UX-AU10

LICENSED TEST MARK
GENEHMIGTES PRÜFZEICHEN
SGS TÜV SAAR — FUNKTIONALE SICHERHEIT GEPRÜFT / FUNCTIONAL SAFETY APPROVED

CERT. REPORT NO.
ZERTIFIKATSBERICHT NR.
K3UX0017

Tested according to
Geprüft nach
IEC 61508:2010
ISO 26262-8:2018; clause 11.4.9
EN 50128:2011
IEC 60880:2006
IEC 62304:2015
EN 50657:2017

Certified product(s)
Zertifizierte(s) Produkt(e)
Cantata, Core product

Model(s)
Model(e)
Version: 9.1; Build_id: RELEASE_9_1.3

Technical Data and Parameter
Technische Daten und Parameter
Suitable for verification of safety-related software acc. to:
- ISO 26262 up to ASIL D
- IEC 61508 up to SIL 4, class T2 tool
- EN 50128 up to SIL 4, class T2 tool
- IEC 62304 up to SW safety Class C
- IEC 60880 for category A functions
- EN 50657 up to SIL 4, class T2 tool

Specific Requirements
Spezifische Anforderungen
The certificate is based on voluntarily tests. Any changes to the design, components or processing may require repetition of some parts of the pre-qualification in order to retain the certification. The certificate report is an integral part of this certificate. The safety related application guidelines shall be maintained.

Certification Body for Functional Safety
SGS-TÜV Saar GmbH
Zertifizierungsstelle für Funktionale Sicherheit

Munich, 03.12.2020
Gudrun Neumann

The test mark regulation is an integral part of this certificate.
Die Prüf- und Zertifizierordnung ist integraler Bestandteil des Zertifikates.
SGS-TÜV Saar GmbH, Hofmannstr. 50, 81379 München
Website www.sgs-tuv-saar.com E-mail fs@sgs.com

CERTIFICATE

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020

当工具必须针对每个项目（比如 DO-178B/C）单独进行合格审定的时候，针对标准的工具认证是不被接受的，此时我们也提供 Cantata 的工具合格审定。Cantata 被归类为工具资格等级 5（TQL-5）。作为 COTS（商用现货）工具，DO-330 标准当中“COTS 工具鉴定”一章（DO-330 第 11.3 节）和“工具鉴定目标”（DO-330 附录 A）为工具鉴定提供了有用的指导。Cantata 已成功通过许多 D0-178C 项目的 DO 330 TQL-5 工具认证。

COTS 工具的供应商通常提供证据和指导，以帮助工具鉴定和适当使用工具。Cantata 的《DO178C 标准简报》提供了使用 Cantata 满足标准软件验证目标的详细指导。

Cantata 每个版本都提供 DO-178C 工具鉴定包，内容包含：

- 工具操作要求（TOR）活动和 Cantata 开发人员 TOR
- Cantata 操作符合开发人员 TOR
- Cantata 配置管理过程
- 质量保证过程
- Cantata 安全手册（Safety Manual）
- 用于 Cantata 使用指南的《DO178C 标准简报》
- Cantata 结果有效性跟踪器（用于识别 Cantata 中结果可能错误报告成功结果的任何问题）

© Copyright Beijing Watertek Information Technology Co., Ltd 2020