Verifysoft TECHNOLOGY

Testwell CTC++

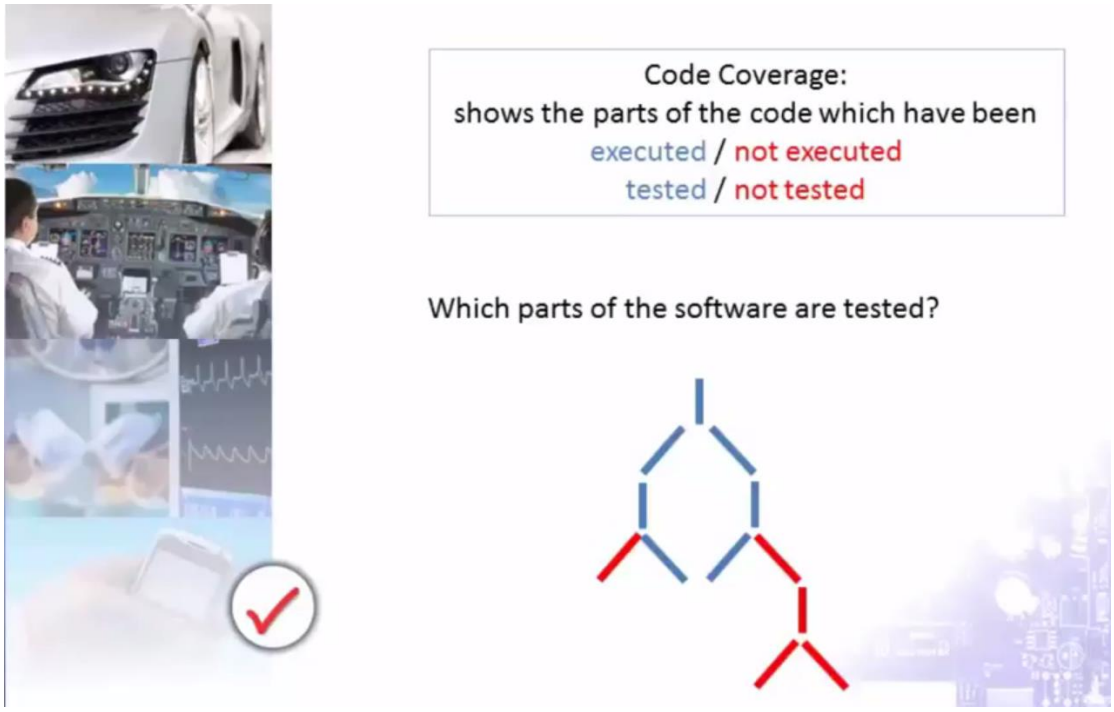
Code Coverage and ISO 26262

大家好！欢迎观看我们的视频：怎样才能满足 ISO 26262 对代码覆盖率的要求

除了这个汽车行业的国际标准，我们也将探讨宇航、医疗和其他行业的标准。

本次视频中，我们将为大家讲解什么是代码覆盖率，为什么要检测代码覆盖率；ISO 26262 和其他标准对代码覆盖率的不同要求。我们将为大家展示 Testwell CTC++，作为代码测试分析的领跑者，是如何检测嵌入式软件研发中的的代码覆盖率的。

代码覆盖率的检测可以显示出软件的所有部分中，哪些已经被测试过了，哪些还没有被测试。



这张图中蓝色部分表示已经检测，红色部分表示尚未检测。为 100%检测软件，需要继续完成红色部分的检测。

为什么要测试软件覆盖率？

有了代码覆盖率数据就可以专门针对没有被检测的部分实施检测。

这样就可以避免重复检测，以便节省时间和经费。

客户可以清楚地了解什么时候可以终止测试：使用 Testwell CTC++的目的之一就是达到需要的代码测试覆盖率。

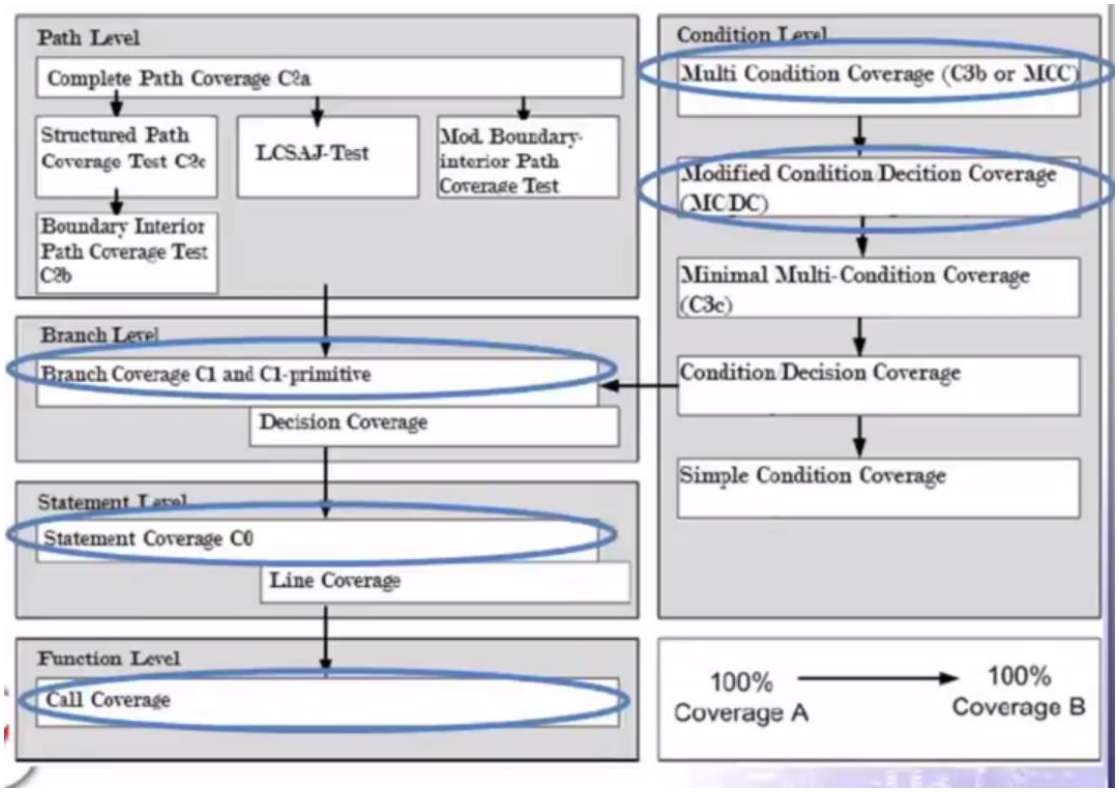
对客户来说， 代码覆盖率也是一个对质量水平的背书 — 如果您分包软件的开发和测试，代码覆盖报告将会给您展示您的分包伙伴所做的测试总量。

代码覆盖率测试工具同样可以发现死代码。

基于以上原因，各个安全标准都需要代码覆盖率的测试。

现在我们就来看一下不同的代码覆盖率水平。

图片左下方显示了功能水平。当每个功能都至少被运行了一次时就达到 100%的功能或称覆盖率。这是一个很低的代码覆盖率水平。



图片上方是语句覆盖区域。所有功能包含的语句都被测试后，达到 100%的语句测试率。

更多细节的展示：分支覆盖率显示语句中的哪个分支已经被检测。

图片右侧显示的是安全标准要求的最高覆盖率水平。这里的每个情境都要被测试。

对安全标准要求极高的代码覆盖率水平是 MC/DC 逻辑覆盖。MC/DC 是指修订的条件/判定覆盖

ISO 26262 是适用于道路行驶车辆的汽车工业标准

这个标准需要的覆盖率水平取决于 ASIL 水平。ASIL 是指汽车安全完善水平 (Automotive Safety Integrity Level）

ASIL B 要求更高的分支覆盖率。

最高水平的 ASIL D 需要实施 MC/DC 逻辑覆盖。

ISO 26262-6

Automotive

ASIL: Automotive Safety Integrity Level

Methods		ASIL			
		A	B	C	D
1a	Statement coverage	++	++	+	+
1b	Branch coverage	+	++	++	++
1c	MC/DC (Modified Condition/Decision Coverage)	+	+	+	++

Table 12 (Software Unit Level), ISO 26262-6

Methods		ASIL			
		A	B	C	D
1a	Function coverage	+	+	++	++
1b	Call coverage	+	+	++	++

Table15 (Software Architectural Level), ISO 26262-6

++ Highly recommended
+ Recommended

为了展示和证明软件已经达到测试标准要求，就需要一个像 Testwell CTC++这样的优秀的代码覆盖率测试工具

现在我们来看一下其他标准对代码覆盖率的要求：

IEC 61508 标准是电气/电子/可编程系统的功能安全标准。

DIN EN 61508-3

General Industry

SIL: Safety Integrity Level

Method		SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
...	...	...	...	...	...
7a	Function Coverage	++	++	++	++
7b	Statement Coverage	+	++	++	++
7c	Branch Coverage	+	+	++	++
7d	MC/DC	+	+	+	++

Table B.2 from DIN EN 61508-3

++ Highly recommended
+ Recommended

IEC 61508 标准是适用于各行业的功能安全标准。根据不同的安全完善水平要求，也就是不同的 SIL 水平，软件要达到相应的代码覆盖率水平。

SIL 1 水平 （较低层级），仅仅是“高度推荐”功能覆盖。

SIL 2 水平要求达到语句覆盖，涵盖了功能覆盖，因为 100%语句覆盖等同于 100%功能覆盖。

代表最高安全完善水平的 SIL4 “高度推荐”MC/DC 逻辑覆盖。此处的高度推荐等同于强制要求。

MC/DC 逻辑覆盖或者短的 MC/DC 逻辑覆盖对宇航标准 DO-178C 同样非常重要。

Aerospace

DO-178B/C

Level	Impact	Coverage Level	% of Systems	% of Software
A	Catastrophic	MC/DC, C1, C0	20-30%	40%
B	Hazardous/Severe	C1, C0	20%	30%
C	Major	C0	25%	20%
D	Minor	-	20%	10%
E	No Effect	-	10%	5%

Statement Coverage C_0, Branch Coverage C_1, Modified Condition/ Decision Coverage MC/DC

Medical Systems

IEC 62304

„... it might be **desirable** to use white box methods to more efficiently accomplish certain tests, initiate stress conditions or faults, or increase code coverage of the qualification tests.“ (IEC 62304, Chapter B.5.7 Software System testing)

和其他标准一样，DO-178C 要求高水平代码覆盖率，以确保高水平安全保障。

DO-178C 的不同水平由软件发生错误会造成的后果决定：
A 及水平 ： 软件错误会导致重大打击
B 级水平：软件错误导致严重危险

C 级水平：软件错误造成的打击仍然很严重
D 级水平：软件错误影响轻微
E 级水平：软件错误无影响

毫无疑问，对最高级别的 A 级水平而言，100%的 MC/DC 逻辑覆盖是强制性的。

B 级水平要求 C1 覆盖，也就是分支覆盖。

C 级水平（错误导致严重打击的），所有语句都需要被检测。

医疗器械行业的 IEC/EN 62304 标准对代码覆盖率的要求有些模糊：

白箱法的使用会更令人满意，以便更高效完成某些测试，或者提高质量测试的代码覆盖率。

但是可以肯定的是如果因为软件没有被完全检测，而造成其中残存错误，这将导致对患者的的严重伤害或直接导致患者死亡。

Table A.21 – Test Coverage for Code

Technique / measure	Reference	SIL 0	SIL 1	SIL 2	SIL 3	SIL 4
Statement		R	HR	HR	HR	HR
Use the Coverage module to report Statement Coverage for the executed Unit Tests and/or monitored application runs – on the host, simulator and/or target platform.						
Branch		-	R	R	HR	HR
Use the Coverage module to report Decision/Branch Coverage for the executed Unit Tests and/or monitored application runs – on the host, simulator and/or target platform.						
Compound Condition		-	R	R	HR	HR
Use the Coverage module to report Condition Coverage for the executed Unit Tests and/or monitored application runs – on the host, simulator and/or target platform.						
Path		-	R	R	HR	HR
Use the Coverage module to report Path Coverage for the executed Unit Tests and/or monitored application runs – on the host, simulator and/or target platform.						

今天最后讲的标准是 EN 50128 / IEC 62279，铁路行业应用标准，它对代码覆盖率的要求与其他标准相似。

Testwell CTC++的代码覆盖率测试分析又怎么来帮您达到这些标准要求呢？

答案是我们分析标准要求的所有代码覆盖率，

功能覆盖，判定覆盖，语句覆盖，条件覆盖，MC/DC 逻辑覆盖，而且在多条件覆盖的帮助下， 我们可以完成更多任务.....

Testwell CTC++是测试代码覆盖率的最佳选择

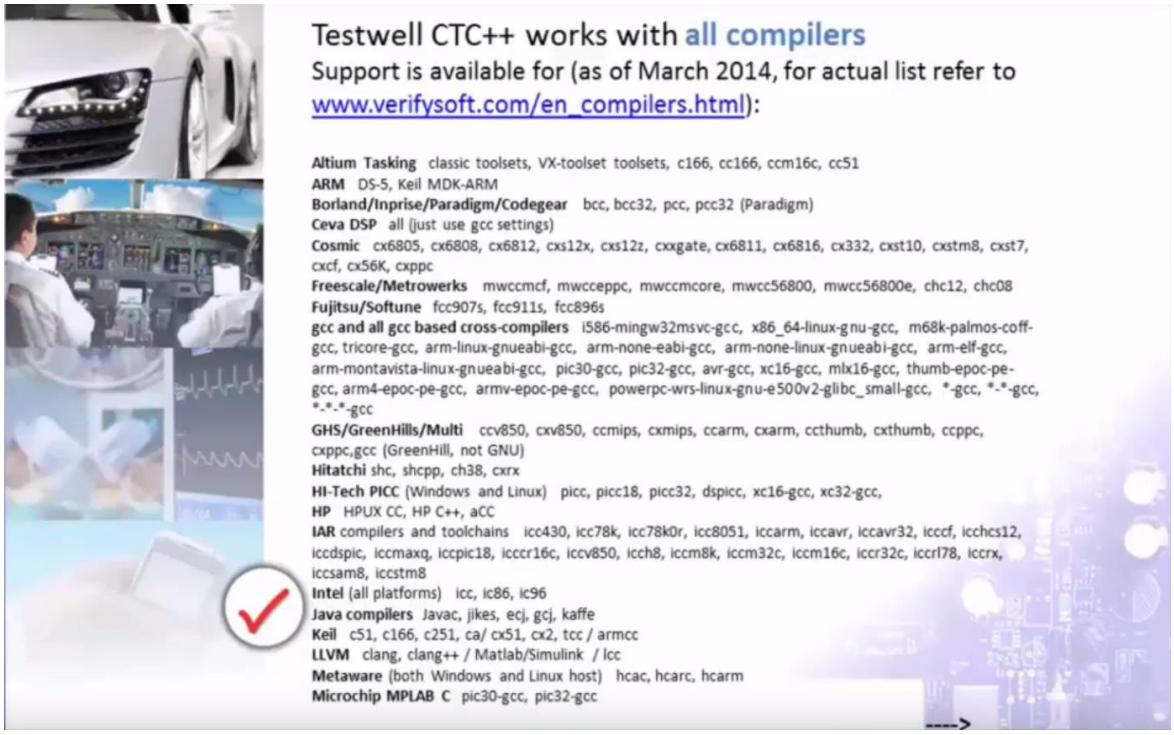
因为

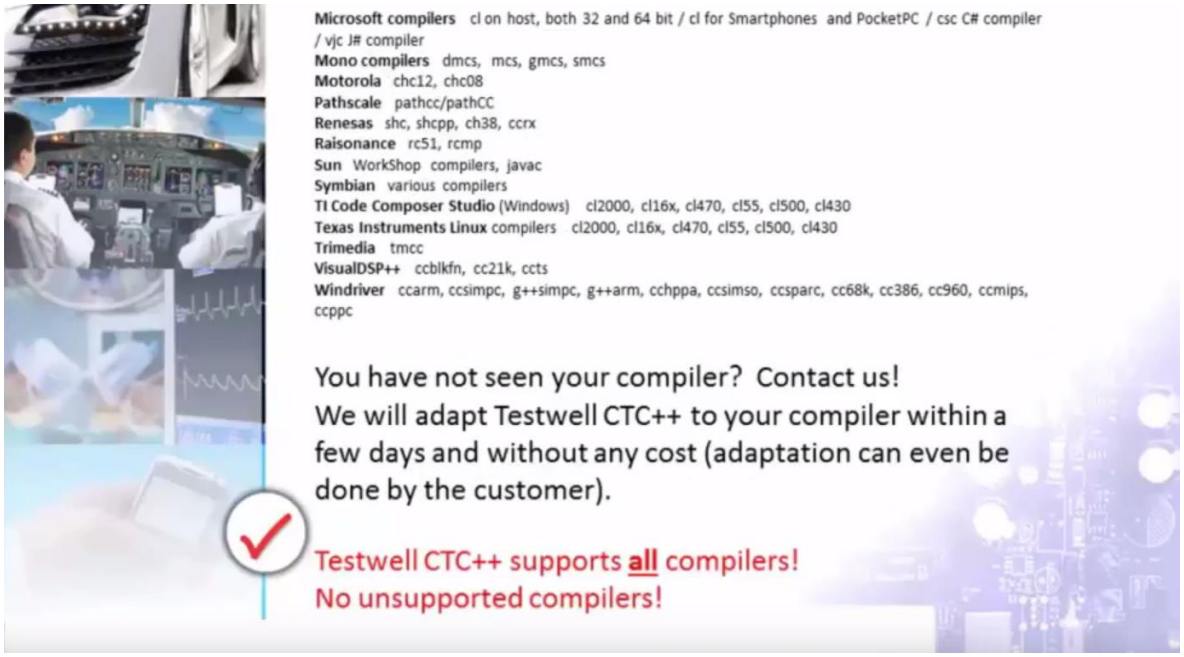
首先，Testwell CTC++与所有编译器兼容

大家请看这里的兼容编译器名单，每个月我们都会增加名单里编译器的数量。

同时，Testwell CTC++也很容易被其他任何编译器兼容

您可以自行使其兼容，我们也很乐意帮助您完成兼容工作。



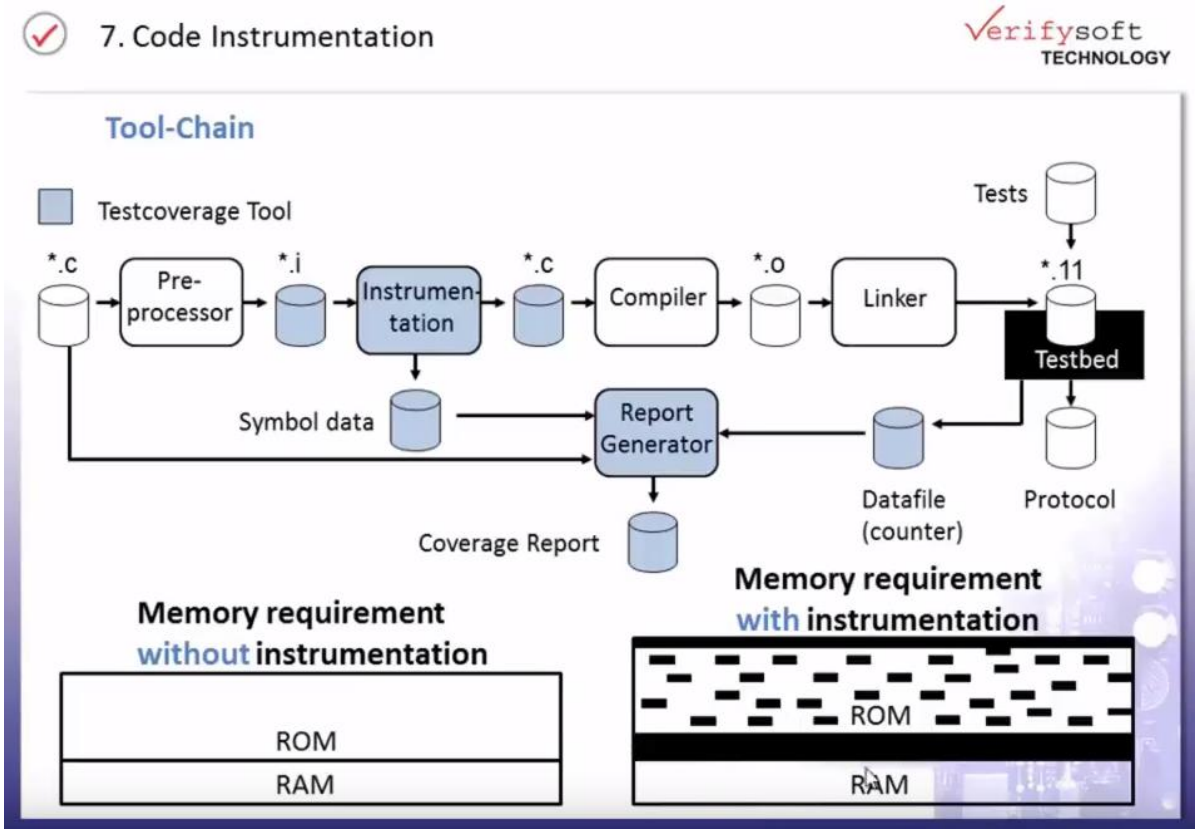


当然我们的这项服务是免费的。

您还最好了解 CTC++证书包括了所有编译器，客户不需要为增加新的编译器而购买新的证书。

最后再强调一点：Testwell CTC++支持所有编译器 - 不存在任何不支持的现象

现在我们来看一下它是如何运行的



Testwell CTC++首先为需要测试的代码建立一个测试器。

它在源代码上增加了计数器

存储相关信息

每次运转时增加计数器

在每次运行结束时或您要求时给出计数器数值分析。

这里我们看到的是没有代码覆盖率测试的单元检测过程。

现在我们在过程中加上 Testwell CTC++

在编译器和预处理器之间建立代码测试器。

并且在检测过程结束时给出代码覆盖率报告

有个问题，或称之为挑战，代码测试器需要额外的存储

这里需要额外的只读存储器和随机存储器 （可以在画面下方看到）

根据我们的经验，存储不足的原因通常是随机存储器的问题。

不过十分幸运的是 Testwell CTC++和其它测试软件相比，所需要的额外存储非常、非常的小。

如果因为用户可用内存太小，Testwell CTC++所需的低内存仍然会给用户造成困扰，我们可以使用比特覆盖追加的方式。

在比特覆盖追加方式下，我们不计量代码被测试的次数，而只记录代码是否被测试过。

比特覆盖追加的方式会减少 32 倍所需随机内存。

例如在检测功能覆盖率时，我们只需要每个功能 1 个比特的额外随机内存，而不需要普通模式下的 32 个比特。

Testwell CTC++是优秀的软件测试工具，由位于德国奥芬堡的 Verifysoft Technology 公司研发和销售。德国、法国和世界各地的经销商负责技术支持。

该测试软件早在 1989 年就由诺基亚公司开发成功。

1992 年在芬兰成立的 Testwell 公司负责软件的继续研发。

2003 年在德国成立的 Verifysoft Technology 公司最初是 Testwell 工具在德国的经销商。

经过 10 年在欧洲的成功经销，2013 年，我们从芬兰 Testwell 公司手中购买了 Testwell CTC++的知识产权。

今天， 世界各地数以百计的公司都在使用 Testwell CTC++。

针对安全要求极高的标准，我们推出了高质量套装，满足最高安全级别的测试要求。

尽管 Testwell CTC++主要用白箱检测法展示单元测试的代码覆盖率；但它同样可以用于软件研发的每个环节，也就是说包括了黑箱检测法。

现在我来对 Testwell CTC++软件的优点做个总结：

Testwell CTC++的测试器费用很低，

它适用于所有目标版和单片机，甚至是十分微小的设备。

也兼容所有编译器以及交叉编译器。

Testwell CTC++可以用多种格式输出报告，比如 XML、JSON 和 HTML。

我们现在看到的是目录的摘要

这里是一个电脑文件

这里是一个功能的更详细的信息

CTC++ Coverage Report - Functions Summary #1/1

Directory Summary | Files Summary | Functions Summary | Untested Code | Execution Profile
To directories: First | Previous | Next | Last | Index | No Index

Directory: C:\Projects\hcontrol
TER: 71 % (44/62) structural, 78 % (49/63) statement

Source file: C:\Projects\hcontrol\regulators.c
Instrumentation mode: multicondition **Reduced to:** MC/DC coverage
TER: 71 % (20/28) structural, 71 % (17/24) statement
To files: Previous | Next

TER % - MC/DC		TER % - statement		Calls	Line	Function
75 % -	(6/8)	83 % -	(5/6)	3	4	lights()
100 %	(2/2)	100 %	(1/1)	1	20	close_windows()
100 %	(2/2)	100 %	(1/1)	2	25	open_windows()
100 %	(2/2)	100 %	(3/3)	1	30	open_windows_for()
100 %	(2/2)	100 %	(1/1)	1	37	heat()
0 % -	(0/2)	0 % -	(0/1)	0	42	air_condition()
60 % -	(6/10)	55 % -	(6/11)	2	47	temperature_control()
71 % -	(20/28)	**71 %** -	(17/24)			**regulators.c**

Source file: C:\Projects\hcontrol\sensors.c
Instrumentation mode: multicondition **Reduced to:** MC/DC coverage
TER: 100 % (8/8) structural, 100 % (4/4) statement
To files: Previous | Next

在检测执行简介中，我们可以看到具体哪个源代码还没有被检测

让我们再深入看一下：

Hits	True	False	Line	Source
			1	/* File io.c ----------
			2	#include <stdio.h>
			3	#include "io.h"
			4	/* Prompt for an unsigend int value and return it */
Top				
10			5	unsigned io_ask()
			6	{
			7	unsigned val;
			8	int amount;
			9	
			10	printf("Enter a number (0 for stop program): ");
0	10		11	if ((amount = scanf("%u", &val)) <= 0) {
			12	val = 0; /* on 'non sense' input force 0 */
			13	}
10			14	return val;
			15	}

白色部分是客户的源代码，灰色部分是 Testwell CTC++添加的信息

在这个表格中，我们看到红色部分尚未被检测。

本工具还会给出一个未检测代码的报告。

一旦所有检测运行完毕， 该报告会变成空白

客户可以浏览我们的官网（verifysoft.com），查询所有 CTC++的输出信息

针对安全要求极高的标准，我们推出了高质量套装，满足最高安全级别的测试要求。

它检测全面，过程安全，适用于所有高安全级别的标准，比如 ISO 26262,、DO 178-C 和 IEC 61508。

Testwell CTC++的高质量套装可以适应各种不同的工作环境

我们回到 Testwell CTC++代码覆盖率测试分析工具：

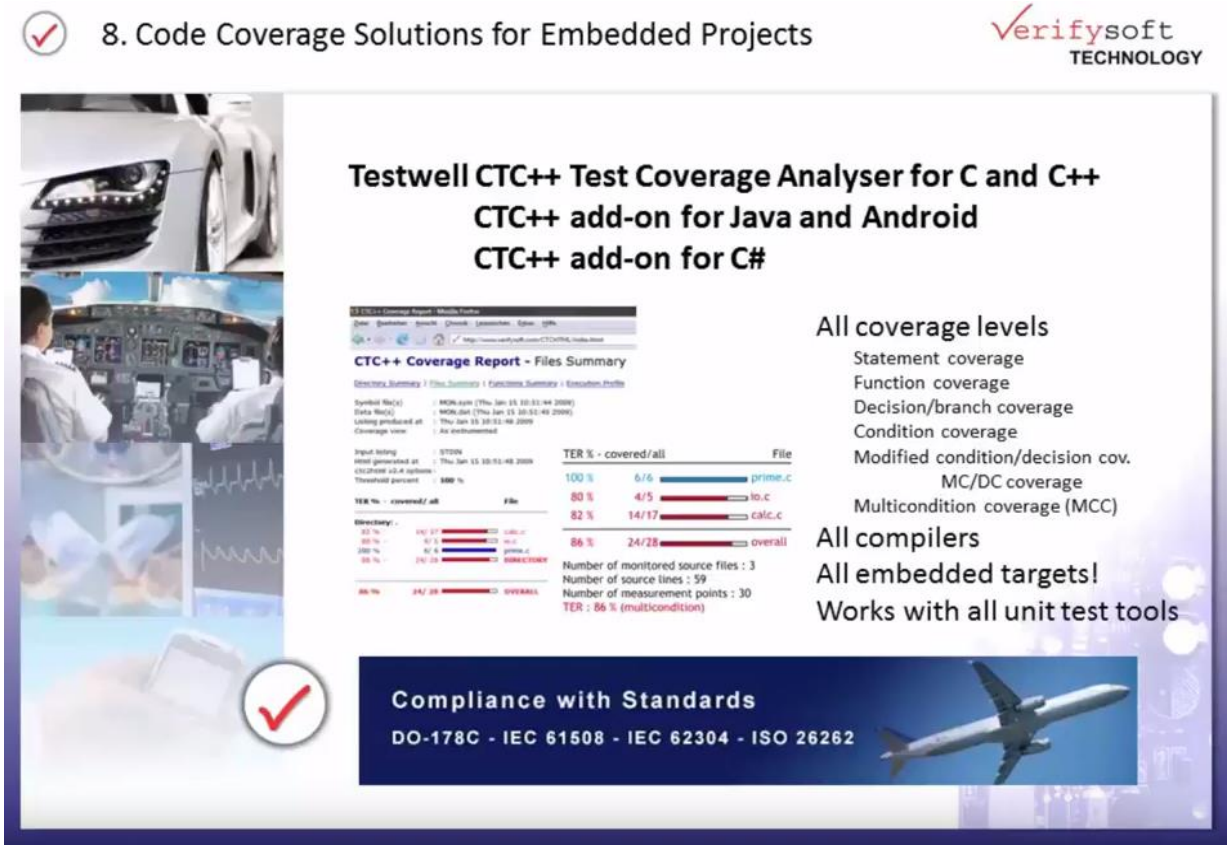
该工具支持所有类型的平台，比如 Windows、Linux、Solaris 等。

Testwell CTC++同样兼容多种 IDE，比如 Visual Studio、 Eclipse，等。

我们有很多工具链和检测环境的融合工具，比如

CATIA Autosar Builder, dSpace System Desk and TargetLink, dSpace System Desk 和 TargetLink, 等许多生成器

综上所述，Testwell CTC++拥有如下最重要的特征：



Testwell CTC++是一款代码覆盖率测试工具，适用语言包括 C、C++、Java 和 C#

它检测所有代码覆盖率水平

它支持所有编译器和所有嵌入式目标版

它兼容所有单元测试工具

Testwell CTC++契合所有安全标准

高质量套装可供备选

一句话： Testwell CTC++是您进行代码覆盖率分析的最佳选择

全球 40 多个国家数以百计的客户都在成功运用 Testwell CTC++。

我们的客户包括汽车、宇航、医疗、自动化和运输等各个行业的企业。

我们很骄傲今天所有的德国汽车厂家和他们几乎所有的软件供应商都在使用我们的 Testwell CTC++。

欢迎各位和这些德国企业一道成为我们的客户，利用 Testwell CTC++和 Test Coverage Analyser，来确保您软件开发的安全性。

我们很荣幸向您推出一款免费评估工具，包括了和我们团队的接入口。

尽管 Testwell CTC++十分容易上手，我们还是向客户和潜在客户提供培训。

欢迎各位通过我们的官网 www.verifysoft.com 获取更多信息。

希望各位聆听愉快，感谢大家拨冗光临。

如果各位有任何问题，欢迎和 Verifysoft 公司或当地经销商联系。

再次感谢！祝大家度过美好一天！

Copyright: 2018 Verifysoft Technology GmbH

Chinese Translation: Mr. DAI Huainan, Beijing, China

For further information please contact:

Verifysoft Technology GmbH, In der Spöck 10-12, 77656 Offenburg, Germany,
www.verifysoft.com

File: Code_Coverage_and_ISO_26262_CN_pictures.pdf