

**D**O-178C 标准于 2011 年底公布，与前版 DO-178B 的主要区别在于它含有标准附录，扩大了新的软件开发方法的使用范围。最重要的附录是关于基于模型的设计方法和基于模型的验证方法，这些方法将在附录 DO-331 中介绍。这些关键的软件设计技术有助于航空业实现高效的软件开发，不仅可以保持很高的软件质量和安全要求，而且还能切实改进这些要求。本文介绍了如何结合 DO-178C 和 DO-331 标准来使用 TargetLink 以及需要考虑哪些方面。

#### 模型：开启创新方法之门

能够按照 DO-331 标准，通过模型来表示开发要求是以质量为本的高效软件开发的一种重大进步。从纯粹的文本要求到模型表示的形式化要求，这为自动化分析、源代码生成及验证增添了许多新的选项。依据 DO-178B/C 和 DO-331，有两种不同类型的软件要求：

- **高级要求 (HLR)** 这些要求描述了软件的功能，但未介绍如何实现其功能（即软件属于“黑盒”）。高级要求是由 ARP4754（航空推荐准则）等标准中的系统流程对实际系统的要求衍生而来。
- **低级要求 (LLR)** 这些要求描述了软件的内部工作情况（可视为“白盒”），即软件是如何工作的。低级要求自然是由高级要求衍生而来。必须能够直接从低级要求生成实际的源代码。 >>

```

description: number of axis#1 points */
    6 /* Ny:
description: number of axis#2 points */
    (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__x_tabl
    (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__y_tabl
    (const uint16 *) &(Ramp_Rate__Ki__z_tabl
;
e_SlStaticLocalInit: Default storage class
...
static sint32 X_Sc4_Discrete_Time_Integrato
    1.99993896484375 */;
...
BusInport: TL_FuelsysController/Run_Airf
te_Read_RpCorrectedSensors_Sensors(&Sensor
...
# combined # TargetLink outport: TL_Fuel
...
# combined # Discrete Integrator: TL_Fue
egrator */
te_IrvIWrite_Run_AirflowCorrection_Airflow
    ((sint32) 300));
...
Discrete Integrator: integration
# combined # Product: TL_FuelsysControll
# combined # 2D-TableLookup: TL_FuelsysC
# combined # Sum: TL_FuelsysController/R
# combined # Relational: TL_FuelsysContr
_Sc4_Discrete_Time_Integrator += ((sint32)
Tab2DS17I2T4169(&Sc4_Ramp_Rate__Ki__map, S
    ((sint16) (((uint16) (Sensors.Ego <= 3190

```



代码生成器工具TargetLink  
适用于航空应用

基于

DO-178C

标准的安全代码

dSPACE 的产品级代码生成工具 TargetLink 不仅适用于汽车生产项目，还适用于民用和军用航空领域。dSPACE 提供了全面的工作流程描述，特别是关于 TargetLink 在符合 DO-178 标准的航空项目中的使用方面。它描述了如何使用基于 TargetLink 的工具链来简化软件的认证。

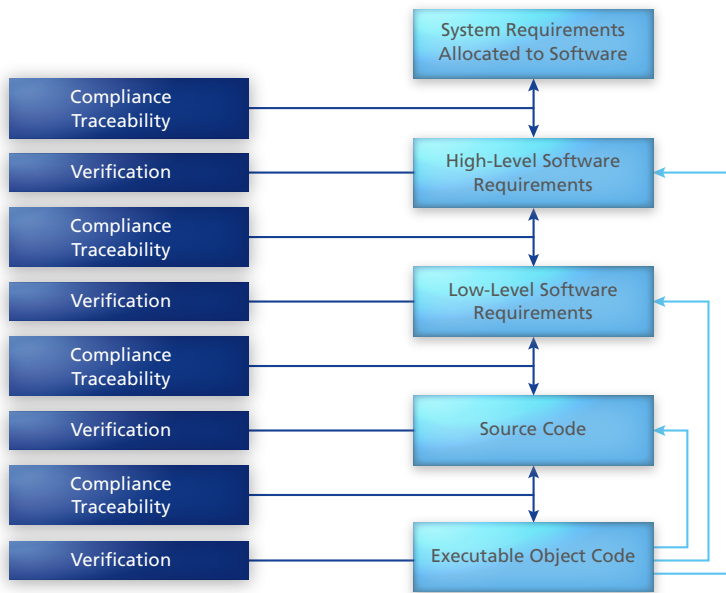


图 1 : DO-178C 标准规定的重要开发阶段，包括必要的验证步骤。

现在可以使用模型来表示这两种级别的要求（见图 1）。Simulink®/TargetLink® 模型经常用来表示低级要求，随后可以通过自动化代码生成功能从低级要求生成实际的源代码。按照 DO-331，用来表示低级要求的

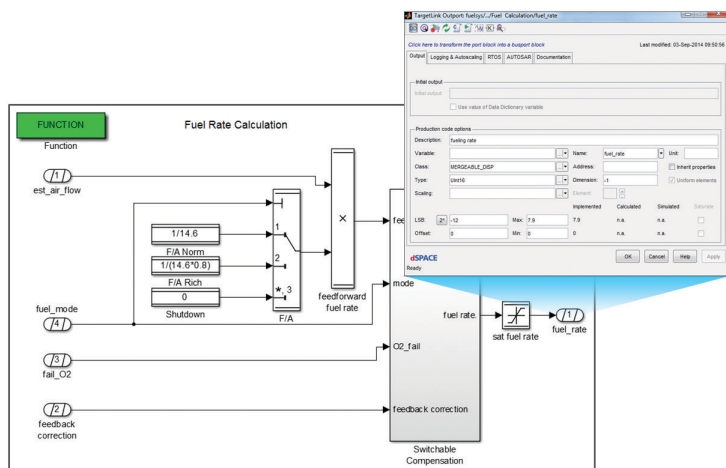
这类模型称为“设计模型”。这些模型含有软件的实际功能描述以及所有必要的详细信息，例如内部数据结构、控制流信息以及潜在的定点配置信息（见图 2）。

**点击一下便可从设计模型获得源代码**  
用于表示开发要求的设计模型（依据 DO-331）提供了一种直接创建软件源代码的方法，它使用自动化代码生成来替代手动编码。在质量和可靠性方面，TargetLink 目前超越了编程人员，只需点击一下按钮便能确定地生成源代码：

- TargetLink 生成的源代码十分易读，适合审查。这是因为使用了大量的源代码注释、容易理解的符号名称以及 C 语言子集。
- 代码可以直接回溯到设计模型。这使得源代码与相关模型（用于生成代码）之间具有直接的可追溯性。
- 通过 TargetLink 生成的代码还具有极高的可配置性，以便符合编码生成准则、将生成的代码与现有的经典代码相结合并以最优方式将生成的代码集成在软件架构中。

总而言之，所生成代码优异的质量、可配置性和高效性是 TargetLink 在所有应用领域具有的突出特点。

图 2 : Simulink/TargetLink 设计模型在 TargetLink 中直接用于自动生成源代码。



### 基于模型的验证：简化认证的关键

使用模型来指定要求（HLR 和 LLR）具有很大优势，不仅体现在自动生成产品级代码方面，还体现在验证步骤等方面。这些工作必须与开发过程并行执行，以测试每个开发步骤的成果，例如模型、源代码和目标代码等（图 1）。为了证明模型符合所依据的要求（图 1），可以组合使用模型仿真、覆盖率分析和测试实例生成。按照 DO-178B/C，测试实例只能依据这些要求进行创建。如果要求本身表示为模型，例如 Simulink/TargetLink 模型，可以使用自动测试矢量生成技术，比如 BTC EmbeddedTester® 提供的技术。验证可执行目标代码是否符合高级要求和低级要求（图 1）的一种典型方式是在目标平台上执行这些代码。TargetLink 的处理器在环仿真为此提供了极其强大的验证机制：自动生成的代码会由目标编译器直接进行转换，并通过目标处理器在评估板上进行执行（图 3）。

### DO-178C/DO-331 关于 TargetLink 的工作流程文档

dSPACE 提供了工作流程文档“TargetLink – 航空软件基于模型的开发和验证”，规定了在符合 DO-178C/DO-331 标准的项目中如何使用 TargetLink。本文档描述了如何满足 DO-178C/DO-331 的各项要求（称为“目标”）。它不仅关注 TargetLink 本身，还关注可能含有第三方工具的一整套基于模型的工具链组成的整个 TargetLink 生态系统。其中包括 TargetLink 合作伙伴提供的工具，例如 BTC Embedded Systems、Model Engineering Solutions 和 AbsInt。可通过发送电子邮件至 [TargetLink.Info@dSPACE.de](mailto:TargetLink.Info@dSPACE.de) 来索取本文档。■



## 结论

TargetLink 十分适用于符合 DO-178C 标准的航空项目中，只需点击一下按钮便可生成高质量源代码。由于大量采用了代码注释和符号名称，所生成的代码非常易读，能够无缝追溯到相关要求，并且容易配置以满足代码生成准则等要求。TargetLink 及其与第三方工具的集成提供了一个理想的验证、仿真、分析和测试环境。从初始要求到最终源代码，TargetLink 都能让用户很好地掌控基于 DO-178C 标准的开发项目。

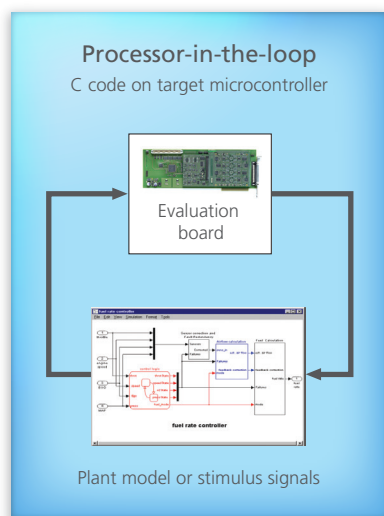


图 3：在处理器在环仿真中运行可执行目标代码，以验证目标代码是否符合开发要求。