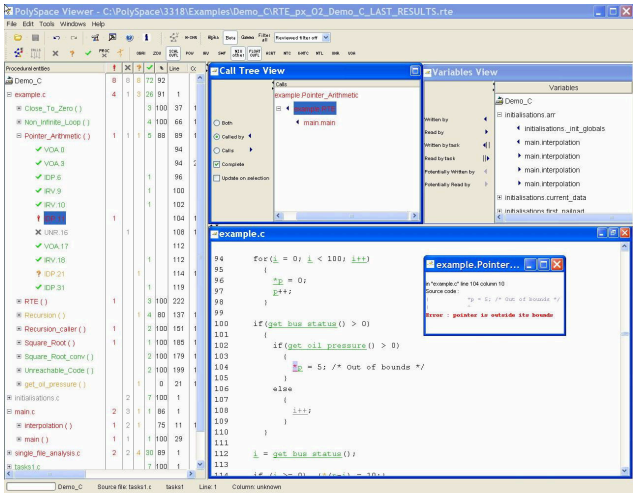
Statische Code-Analyse mit PolySpace

Kunde	Wärtsilä
Ziel-System	Embedded Systeme und PC-Applikationen
Programmier-Sprache	C / C++ Matlab-Simulink/Stateflow
Technologie	Test und Verifikation
Speziell	Frühzeitige Detektion von Laufzeitfehlern (ohne Ausführung des SourceCodes)



Quelle: TheMathworks

Aufgabe

Sotronik erhielt den Auftrag, die Software für die elektronische Steuerung eines Grossdieselmotors auf mögliche Laufzeitfehler hin zu testen. Da die Software sehr umfangreich ist (>130'000Zeilen ANSI-C-Code), wurde nach einem Werkzeug gesucht, das durch geeignete Automatismen den Testaufwand minimiert und gleichzeitig zuverlässige Ergebnisse liefert. Nach einer Evaluationsphase entschied man sich schliesslich für das statische Code-Verifikations-Tool *PolySpace* der Firma *TheMathworks*.

Eigenschaften von *PolySpace*

PolySpace bietet statische, code-basierte Software-Verifikation, die auf der Methode der abstrakten Interpretation beruht. Mit dieser Methode versetzt PolySpace den Benutzer in die Lage die Abwesenheit von bedingten Laufzeitfehlern nachzuweisen. Hierbei bietet das Werkzeug auch Unterstützung in Bezug auf die Industriestandards IEC61508 und DO-178.

In der folgenden Tabelle sind Ursachen für potentielle Laufzeitfehler aufgelistet, die mit PolySpace, vor der eigentlichen Ausführung des SourceCodes auf dem Zielsystem, detektiert werden.

Detektierte Fehler in C / C++	in C++ zusätzlich
Out of Bound Array Index	Function Returns a Value or raises an exception (FRV)
Not Initialized Return Value	Strictly Positive Array Size (PAS)
Illegal Dereference Pointer	Pure Virtual Call (PVC)
Shift Error	Non Null Receivers (NNR)
Negative Power	Correct Type for Receiver (CTR)
Arithmetic Exception Error	Correct Type for Pointer to member function (CTP)
Zero Division	Non Null Pointers to members (NNP)
Not Initialized Variable Local	Incorrect type id argument (TID)
Not Initialised Variable Global	Incorrect dynamic_cast calls (DCT)
Assertion Error	Unexpected exception raised (EXU)
Float Overflow/Underflow	Throws during catch parameter construction (THR)
Scalar Overflow/Underflow	Logical & Runtime exceptions (LOE/RUE)
Not Initialized Pointer	exception not raised in destructor (EXD)
Non-terminating Call	Call never raises an exception (CRE/FRE)
Non-terminating Loop	main, tasks and C standard library functions do not raise exception (PCF)
Zusätzlich: Unreachable Code (Coverage)	

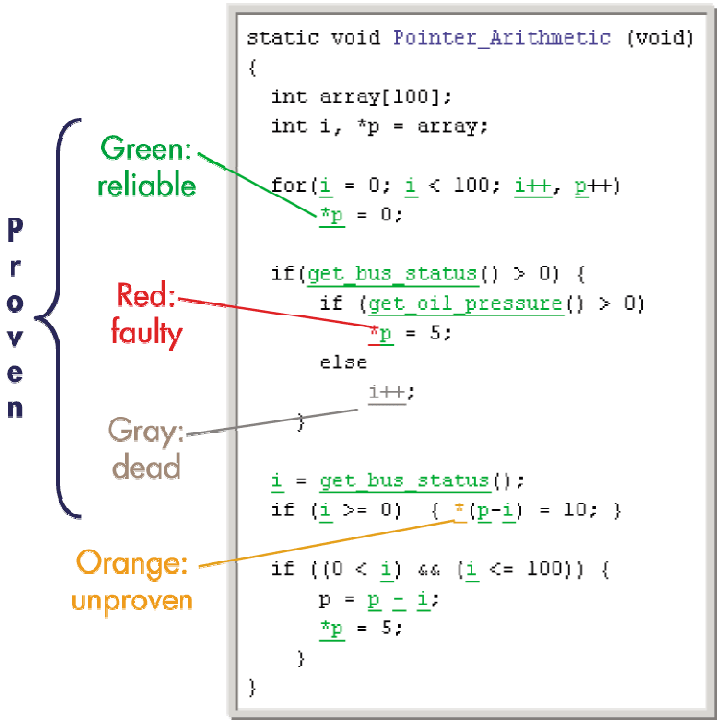
Quelle: TheMathworks

Die Verifikation des SourceCodes kann erweitert werden, so dass auch beispielsweise die Einhaltung von MISRA-C-2004-Rules berücksichtigt wird und PolySpace je nach Konfiguration mit Fehlermeldungen oder Warnungen auf jeweilige Regelverstösse reagiert.
Getestet wird auf Modulebene (nur wenige C-Funktionen) oder auf der Integrationsebene (mehrere SW-Module mit zahlreichen C/C++ Funktionen). Anomalien in Multitasking-Systemen, die durch Task-Interaktionen entstehen, können hierbei aufgedeckt werden.

Arbeiten mit *PolySpace*

Der SourceCode-Enwickler startet direkt im Anschluss an die Implementierung den PolySpace-Test für das neu erstellte Software-Modul. Hierbei hat er die Möglichkeit, nicht zur Verfügung stehende Funktionen, die in diesem Modul benutzt werden, von Hand zu stubben oder automatisch Stub-Funktionen durch PolySpace erstellen zu lassen.

Je nach Codegrösse kann schon nach wenigen Minuten das Testresultat begutachtet werden. PolySpace unterteilt hierbei den getesteten Code farblich in vier Kategorien:



Quelle: TheMathworks

- **rot**
  …für definitive Laufzeitfehler
  (das Verhalten der Software an dieser Stelle ist nicht definiert!).

- **grau**:
  …für nicht erreichbaren Code ("toter Code" im Sinne, dass diese Zeilen nie aufgerufen werden und daher entfernt werden sollten).

- **grün**:
  …für korrekte Operationen (es treten in keinem Fall Laufzeitfehler auf).

- **orange**:
  …für potentielle Laufzeitfehler (bei gewissen Konstellationen kann es zu Laufzeitfehlern kommen).

Nutzen für die Software-Entwicklung

Nach der Einführung von PolySpace in den fortlaufenden Entwicklungsprozess wurden schon bald die Vorteile der Nutzung des Tools ersichtlich. Diese drückten sich insbesondere in den nachfolgend aufgeführten Punkten aus:

- Produktivität und Qualität:
  Der Einsatz von PolySpace fördert klare und robuste Programmierweise und daher die bessere Les- und Wartbarkeit neuer SourceCode-Module. Laufzeitfehler werden frühzeitig erkannt und potentiell kritische Bereiche während der automatisierten Tests kenntlich gemacht.
- Zeitersparnis:
  "grün"-markierte Zeilen benötigen bezüglich Syntax und Softwarestruktur kein CodeReview mehr. Das bei anderen Tools meist aufwendige Erstellen von Stub-Funktionen kann entfallen. White-Box Tests können bis zu 75% reduziert werden.

Grenzen

Eigenschaften der Zielhardware werden bei einem Test durch PolySpace nicht berücksichtigt. So sind beispielsweise direkte Hardwarezugriffe auf Register eines Mikrocontrollers per Compile-Switch auszuschalten, was meist eine Änderung des SourceCodes erfordert. Auch können dynamische Stack-Überläufe einer Software oder direkte Linker-Anweisungen nicht getestet werden.