

Verlässliche Echtzeitsysteme

Übungen zur Vorlesung

Werkzeuggestütztes Testen

Phillip Raffeck, Simon Schuster, Peter Wägemann

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Lehrstuhl Informatik 4 (Verteilte Systeme und Betriebssysteme)
<https://www4.cs.fau.de>

Wintersemester 2021





- Integration von Tests im Softwareprojekt
- Automatisierte Ausführung und Auswertung von Testläufen
- Konfigurationsdatei: `tests/CMakeLists.txt`
 - Ausführbares Target:
`add_executable(plus_test plus_test.c)`
 - Hinzubinden der zu testenden Bibliothek:
`target_link_libraries(plus_test mathe)`
 - Bekanntmachen als Testfall:
`add_test(MatheTest_PLUS plus_test)`
- Ausführung der Tests: `make && make test`
- Automatische Testauswertung:
 - Anhand Rückgabewert (0 → OK, -1 → Fehler)
 - Notfalls auch Parsen von Ausgaben
- Ausgaben der Tests (`(f)printf`) protokolliert in Datei `Testing/Temporary/LastTest.log`



- Tests sind Programme im Unterverzeichnis tests

tests

```
|-- CMakeLists.txt  
|-- priority_queue_test1.c  
|-- priority_queue_test2.c  
`-- priority_queue_test_malloc.c
```

- Die Datei tests/CMakeLists.txt definiert drei Gruppen von Testfällen:

```
##### CONFIGURATION SECTION, add your testcases below
```

```
# Generelle Testfälle , sowohl für die eigene  
# wie auch die fremde Implementierung
```

```
set(EZS_PQ_GENERAL_TESTS priority_queue_test1  
                                priority_queue_test2)
```

```
# Mit dem AddressSanitizer inkompatible Tests
```

```
set(EZS_PQ_MALLOC_TESTS priority_queue_test_malloc)
```

```
# Testfälle ausschließlich für die  
# eigene Implementierung
```

```
set(EZS_PQ_OWN_ONLY_TESTS "")
```

Aktivieren eigener Tests: Eintrag in die entsprechende Liste



■ Quellverzeichnis

```
% tree ~/source
~/source
|-- CMakeLists.txt
|-- include
|   |-- mathe.h
|-- src
|   |-- CMakeLists.txt
|   |-- abs.c
|   |-- plusminus.c
|-- tests
|   |-- CMakeLists.txt
|   |-- abs_test.c
|   |-- plus_test.c
```

■ Binärverzeichnis

```
% cd ~/build
% cmake ../
-- The C compiler identification is GNU
-- The CXX compiler identification is GNU
-- Checking whether C compiler has -isysroot
...
-- Configuring done
-- Generating done
-- Build files have been written to: ~/build
% make
[ 20%] Building C object src/CMakeFiles/mathe.dir/plusminus.c.o
[ 40%] Building C object src/CMakeFiles/mathe.dir/abs.c.o
Linking C static library libmathe.a
[ 60%] Built target mathe
Scanning dependencies of target abs_test
[ 80%] Building C object tests/CMakeFiles/abs_test.dir/abs_test.c.o
Linking C executable abs_test
[ 80%] Built target abs_test
Scanning dependencies of target plus_test
[100%] Building C object tests/CMakeFiles/plus_test.dir/plus_test.c.o
Linking C executable plus_test
[100%] Built target plus_test
% make test
Running tests...
Test project ~/build
  Start 1: MatheTest_PLUS
1/2 Test #1: MatheTest_PLUS ..... Passed    0.00 sec
  Start 2: MatheTest_ABS
2/2 Test #2: MatheTest_ABS .....***Failed    0.00 sec
50% tests passed, 1 tests failed out of 2
Total Test time (real) =  0.02 sec

The following tests FAILED:
  2 - MatheTest_ABS (Failed)
Errors while running CTest
```



LCOV - code coverage report

Current view: **top level**

Test: **coverage.lcov**

Date: **2018-05-26 00:38:08**

Legend: Rating: low: < 75 % medium: >= 75 % high: >= 90 %

| | Hit | Total | Coverage |
|------------|-----|-------|----------|
| Lines: | 49 | 114 | 43.0 % |
| Functions: | 6 | 14 | 42.9 % |
| Branches: | 19 | 72 | 26.4 % |

| Directory | Line Coverage | Functions | Branches |
|---------------------|---|---------------|----------------|
| src | <div style="width: 43.0%;"><div style="background-color: red; width: 43.0%;"></div></div> 43.0 % 49 / 114 | 42.9 % 6 / 14 | 26.4 % 19 / 72 |

Generated by: [LCOV version 1.13-14-ga5dd952](#)

- Werkzeug aus der gcc-Toolchain
 - Instrumentierung des Binärcodes \leadsto *Laufzeitkosten*
 - Protokollieren der Programmausführung
 - Wie oft wird jede Codezeile ausgeführt?
 - Welche Zeilen werden überhaupt ausgeführt?
 - Welche Verzweigungen wurden genommen?
 - HTML Ausgabe: lcov
- Ziel: *vollständige Verzweigungsüberdeckung!*

- „Im besten Fall kracht es bei Speicherzugriffsfehlern!“
- In Übungen: Verwendung von Clang AddressSanitizer [1]¹
- Checks zur Laufzeit
 - falsche Verwendung von Zeigern
 - nicht-definierte Integer-Operationen
 - Lesen uninitialisierten Speichers
 - Integer-Überlauf
 - ...

Entdeckt Fehler ...

... nur, wenn die verwendeten Testfälle diese auslösen.

☞ **zur Laufzeit**

- Laufzeitkosten: $\approx 2 \times$

¹<http://clang.llvm.org/docs/AddressSanitizer.html>

```
1 // program.cpp
2 int main(int argc, char **argv) {
3     int *array = new int[100];
4     delete[] array;
5     return array[argc]; // BOOM
6 }
```

```
$ clang++ -O1 -g -fsanitize=address program.cpp
```

```
$ ./a.out
```

```
ERROR: AddressSanitizer: heap-use-after-free on address 0x602e0001fc64 at pc ...
```

■ Wird von cmake-Skripten automatisch verwendet, wenn

- Debugging aktiviert ist
- und clang als Compiler verwendet wird
- siehe `cmake/sanitizer.cmake`

■ Aufruf von cmake

```
~> CC=clang CXX=clang++ cmake -DCMAKE_BUILD_TYPE=Debug ..
```



- Analyse des Quellcodes (C, C++, Objective-C)
- Keine Ausführung des Codes auf Hardware \rightsquigarrow „statische Analyse“
- Eingabewerte als *symbolisch* angenommen
 \rightarrow *symbolische Ausführung/Erreichbarkeitsanalyse*
- Verfügbare Checks²
 - Wertebereichsanalysen: Division mit Null
 - Verwendung uninitialisierter Variablen
 - ...
- Analyse ist *nicht fehlerfrei* (engl. sound)
 - Nicht möglich alle Fehler zu finden (engl. false negatives)
- Analyse ist *nicht präzise* (engl. precise)
 - Falsche positive Befunde sind möglich (engl. false positives)

²http://clang-analyzer.llvm.org/available_checks.html


```
1 void test() {  
2   int i, a[10];  
3   int x = a[i]; // warn: array subscript is undefined  
4 }
```

1 T declared without an initial value →

2 ← Array subscript is undefined

- Einzelne Datei überprüfen: `scan-build clang -c program.c`
- Übung: Aufruf von `scan-build` mit `cmake` als Argument
 - ↪ `CC=clang CXX=clang++ scan-build cmake ..`
 - ↪ `scan-build make`
- Fehler/Warnungen gefunden → Ausgabe von HTML Dateien
- Aufruf von `scan-view` wie in Ausgabe beschrieben





Konstantin Serebryany, Derek Bruening, Alexander Potapenko, and Dmitriy Vyukov.
AddressSanitizer: A fast address sanity checker.
In Proceedings of the USENIX Annual Technical Conference, pages 309–318, 2012.

