C++ programok egységtesztelése googletest segítségével (GKxB INTM006)

Dr. Hatwágner F. Miklós

Széchenyi István Egyetem, Győr

https://github.com/wajzy/GKxB_INTM006.git 2019. augusztus 26.

Tesztelés célja: a hibákat megtalálni üzembe helyezés előtt Tesztelés alapelvei

- A tesztelés bizonyos hibák jelenlétét jelezheti (ha nem jelzi, az nem jelent automatikusan hibamentességet)
- 2 Nem lehetséges kimerítő teszt (a hangsúly a magas kockázatú részeken van)
- 3 Korai teszt (minél hamarabb találjuk meg a hibát, annál olcsóbb javítani)
- 4 Hibák csoportosulása (azokra a modulokra/bemenetekre kell tesztelni, amelyre a legvalószínűbben hibás a szoftver)
- 5 Féregirtó paradoxon (a tesztesetek halmazát időnként bővíteni kell, mert ugyanazokkal a tesztekkel nem fedhetünk fel több hibát)
- 6 Körülmények (tesztelés alapossága függ a felhasználás helyétől, a rendelkezésre álló időtől, stb.)
- A hibátlan rendszer téveszméje (A megrendelő elsősorban az igényeinek megfelelő szoftvert szeretne, és csak másodsorban hibamenteset; verifikáció vs. validáció)



Tesztelési technikák

Fekete dobozos (black-box, specifikáció alapú)

A tesztelő nem látja a forrást, de a specifikációt igen, és hozzáfér a futtatható szoftverhez. Összehasonlítjuk a bemenetekre adott kimeneteket az elvárt kimenetekkel.

Fehér dobozos (white-box, strukturális teszt)

Kész struktúrákat tesztelünk, pl.:

- kódsorok,
- elágazások,
- metódusok,
- osztályok,
- funkciók,
- modulok.

Lefedettség: a struktúra hány %-át tudjuk tesztelni a tesztesetekkel?

Egységteszt (unit test): a metódusok struktúra tesztje.



A tesztelés szintjei:

- komponensteszt (egy komponens tesztelése)
 - egységteszt
 - modulteszt
- 2 integrációs teszt (kettő vagy több komponens együttműködése)
- rendszerteszt (minden komponens együtt)
- 4 átvételi teszt (kész rendszer)



Kik végzik a tesztelést?

- 1-3 Feilesztő cég
 - 4 Felhasználók

Komponensteszt

- fehér dobozos teszt
- egységteszt
 - bemenet → kimenet vizsgálata
 - nem lehet mellékhatása
 - lacktriangle regressziós teszt: módosítással elronthattunk valamit, ami eddig jó volt ightarrowmegismételt egységtesztek
- modulteszt
 - nem funkcionális tulajdonságok: sebesség, memóriaszivárgás (memory leak), szűk keresztmetszetek (bottleneck)



Integrációs teszt

- Komponensek közötti interfészek ellenőrzése, pl.
 - komponens komponens (egy rendszer komponenseinek együttműködése)
 - rendszer rendszer (pl. OS és a fejlesztett rendszer között)
- Jellemző hibaokok: komponenseket eltérő csapatok fejlesztik, elégtelen kommunikáció
- Kockázatok csökkentése: mielőbbi integrációs tesztekkel



Bevezetés

- követelmény specifikációnak,
- funkcionális specifikációnak,
- rendszertervnek.

Gyakran fekete dobozos, külső cég végzi (elfogulatlanság) Leendő futtatási környezet imitációja



Átvételi teszt, fajtái:

- alfa: kész termék tesztelése a fejlesztőnél, de nem általa (pl. segédprogramok)
- béta: szűk végfelhasználói csoport
- felhasználói átvételi teszt: minden felhasználó használja, de nem éles termelésben.
 Jellemző a környezetfüggő hibák megjelenése (pl. sebesség)
- üzemeltetői átvételi teszt: rendszergazdák végzik, biztonsági mentés, helyreállítás, stb. helyesen működnek-e



Rengeteg C++ egységteszt keretrendszerből lehet választani:

- Wiki oldal
- Exploring the C++ Unit Testing Framework Jungle
- C++ Unit Test Frameworks

Részletesen megvizsgáljuk: googletest



A googletest főbb tulajdonságai

- platformfüggetlen (Linux, Windows, Mac)
- független és megismételhető tesztek
- lacktriangle struktúrálható tesztek (teszt program o teszt csomag o teszteset)
- informatív
- leveszi a tesztelés technikai részének terhét a tesztelőről
- gyors (megosztott erőforrások)
- könnyen tanulható (xUnit architektúra)



Telepítés (Ubuntu 18.04 LTS)

sudo apt install libgtest-dev

Teszt keretrendszer forrásainak beszerzése.

sudo apt install cmake

Ezzel végezzük a forráskódok automatizált fordítását.

cd /usr/src/gtest

Ebben a mappában találhatóak a források.

sudo cmake CMakeLists.txt

Összeállító (build) környezet előkészítése.

sudo make

Összeállítás indítása.



sudo ln -st /usr/lib/ /usr/src/gtest/libgtest.a sudo ln -st /usr/lib/ /usr/src/gtest/libgtest_main.a Szimbolikus hivatkozások létrehozása.

Feladat

Készítsünk mátrixműveleteket megvalósító osztályt, ami elsőként egy mátrixszorzást valósít meg.

Az $A[a_{i,j}]_{m \times n}$ és $B[b_{i,j}]_{n \times p}$ mátrixok szorzatán azt a $C[c_{i,j}]_{m \times p}$ mátrixot értjük, amelyre $c_{i,j} = a_{i,1} \cdot b_{1,j} + a_{i,2} \cdot b_{2,j} + \cdots + a_{i,n} \cdot b_{n,j} = \sum_{k=1}^{n} a_{i,k} \cdot b_{k,j}$



```
01/matrix01.h
```

```
#include < vector >
   #include < iostream >
   namespace szeMatrix {
4
   template < class T>
   class Matrix {
      protected:
        std::vector<std::vector<T>> mtx:
8
9
10
      public:
        Matrix(std::vector<std::vector<T>>> src) {
11
12
          mtx = src;
13
```

```
01/matrix01.h

Matrix<T> mul(Matrix<T> right);
    void print();
    int getRowCount() { return mtx.size(); }
    int getColCount() { return mtx[0].size(); }
    T get(int row, int column) { return mtx[row][column]; }
};
```

googletest

Az első teszprogram elkészítése

```
01/matrix01.h
   template < class T>
21
22
   void Matrix<T>::print() {
23
      for(std::vector<T> row : mtx) {
24
        for(T elem : row) {
25
          std::cout << elem << '\t':
26
27
        std::cout << std::endl:
28
29
```

```
01/matrix01.h
```

```
31
    template < class T>
32
    Matrix <T > Matrix <T > :: mul ( Matrix <T > right ) {
33
      // Rows of left matrix and result matrix
34
      int i = mtx. size();
35
      // Columns of right matrix and res. matrix
36
      int i = right.mtx[0].size():
37
      // Columns of left matrix and rows of right matrix
38
      int k = right.mtx.size();
39
40
      // Creating an empty result matrix
      std::vector<std::vector<T>> res:
41
      // Resizing and filling it with zeros
42
43
      res.resize(i, std::vector\langle T \rangle(j, 0.));
```

```
01/matrix01.h
45
      for (int r=0; r<i; r++) { // Matrix multiplication
46
        for (int c = 0: c < i: c + +) {
           for (int item = 0; item <k; item ++) {
47
48
             res[r][c] += mtx[r][item]*right.mtx[item][c];
49
50
51
52
53
      return Matrix (res);
54
55
56
```

01/example01.cpp

```
#include < vector >
   #include"matrix01.h"
3
   int main() {
5
      std::vector < std::vector < int >> v1 = {
        {11, 12, 13, 14},
        {21, 22, 23, 24},
8
        {31, 32, 33, 34}
9
10
      std::vector<std::vector<int>> v2:
11
12
     v2 resize (4, std :: vector < int > (3, 1.));
```

14

15

16 17

18 19

20

Az első teszprogram elkészítése

```
01/example01.cpp

szeMatrix::Matrix<int> m1(v1);
szeMatrix::Matrix<int> m2(v2);
szeMatrix::Matrix<int> multiplied = m1.mul(m2);
multiplied.print();

return 0;
}
```

```
    Kimenet

    50
    50
    50

    90
    90
    90

    130
    130
    130
```

Készítsünk az example01.cpp alapján googletest alapú tesztprogramot!

```
01/matrix01test.cpp
   #include"matrix01.h"
   #include < vector >
   #include < gtest / gtest . h>
4
   TEST(MulTest, meaningful) {
      std::vector<std::vector<int>> |eft = {
        {11, 12, 13, 14},
        {21, 22, 23, 24},
        {31, 32, 33, 34}
10
      };
11
      std::vector<std::vector<int>>> right;
12
      right.resize (4, std::vector < int > (3, 1.));
```

01/matrix01test.cpp 13 std::vector<std::vector<int>> expected = { {50, 50, 50}, 14 {90, 90, 90}. 15 {130, 130, 130} 16 17 szeMatrix :: Matrix < int > m1(left); 18 szeMatrix :: Matrix < int > m2(right); 19 20 szeMatrix :: Matrix < int > multiplied = m1.mul(m2);

01/matrix01test.cpp

```
21
     ASSERT EQ(expected.size(), multiplied.getRowCount());
22
      ASSERT EQ(expected[0].size(), multiplied.getColCount());
23
      for(unsigned row=0; row<expected.size(); row++) {</pre>
24
        for (unsigned col=0; col < expected [row]. size (); col++) {
          EXPECT EQ(expected[row][col], multiplied.get(row, col));
25
26
27
28
29
   int main(int argc, char **argv) {
30
31
        ::testing::InitGoogleTest(&argc, argv);
32
        return RUN ALL TESTS();
33
```

googletest

01/CMakeLists.txt

```
cmake minimum required (VERSION 2.6)
   # Locate GTest
   find package (GTest REQUIRED)
    include directories(${GTEST INCLUDE DIRS})
16
17
   # Link runTests with what we want to test
19
   # and the GTest and pthread library
20
   add executable (runTests matrix01test.cpp)
21
   target | ink | ibraries (run Tests $ { GTEST LIBRARIES } pthread )
```

cmake CMakeLists.txt

Összeállító (build) környezet beállítása.

make

Összeállítás indítása.

./runTests

Tesztprogram indítása.

Kimenet

Teszteset (test case)

"A set of preconditions, inputs, actions (where applicable), expected results and postconditions, developed based on test conditions." (meaningful, ld. matrix01test.cpp 5. sor)

Tesztkészlet (test suite)

"A set of test cases or test procedures to be executed in a specific test cycle." (MulTest, ld. matrix01test.cpp 5. sor)

Tesztprogram (test program)

Egy vagy több tesztkészletet foglal magába.

Sajnos a googletest nevezéktana következetlen:

googletest	ISTQB
teszt (test)	teszteset
teszteset (test case)	tesztkészlet



Assertion (≈ állítás, követelés) Ellenőrizzük valamely elvárásunk teljesülését → siker (success), nem végzetes hiba (nonfatal failure), végzetes hiba (fatal failure). Makrók:

EXPECT_* nem végzetes hibát generál, ajánlott (több hiba jelezhető egyszerre) ASSERT * végzetes hibát generál, azonnal leállítja a tesztesetet (nincs értelme a folytatásnak; pl. ha két mátrix nem azonos méretű, nincs értelme az elemeiket összehasonlítgatni). Erőforrások felszabadítása, takarítás is elmarad!

Rontsuk el a kódot! ("Elfelejtjük" összegezni a szorzatokat.)

```
02/matrix02.h (02/matrix02test.cpp, 02/CMakeLists.txt)
      for (int r=0; r<i; r++) { // Matrix multiplication
45
        for (int c=0; c<j; c++) {
46
           for(int item=0; item<k; item++) {</pre>
47
             // res[r][c] += mtx[r][item]*right.mtx[item][c];
48
49
50
51
```

Kimenet

```
[=======] Running 1 test from 1 test case.
[----] Global test environment set-up.
[-----] 1 test from MulTest
          ] MulTest.meaningful
/home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/02/matrix02test.cpp:25: Failure
     Expected: expected[row][col]
     Which is: 50
To be equal to: multiplied.get(row, col)
     Which is: 0
. . .
```

```
Kimenet
```

```
/home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/02/matrix02test.cpp:25: Failure
     Expected: expected[row][col]
     Which is: 130
To be equal to: multiplied.get(row, col)
     Which is: 0
[ FAILED ] MulTest.meaningful (1 ms)
[-----] 1 test from MulTest (1 ms total)
[----- Global test environment tear-down
[========] 1 test from 1 test case ran. (1 ms total)
  PASSED 1 0 tests.
  FAILED 1 1 test, listed below:
  FAILED
          ] MulTest.meaningful
1 FAILED TEST
```

Most rontsuk el másképp a kódot! (Túl nagy lesz az eredmény mátrix.)

```
03/matrix03.h (03/CMakeLists.txt)

// Creating an empty result matrix
std::vector<std::vector<T>> res;
// Resizing and filling it with zeros
//res.resize(i, std::vector<T>(j, 0.));
res.resize(i*2, std::vector<T>(j, 0.));
```

```
03/matrix03test.cpp
```

goog et est

```
21
     ASSERT EQ(expected.size(), multiplied.getRowCount())
22
        << "A sorok szama elter! Elvart: " << expected.size()</pre>
23
        << ", kapott: " << multiplied.getRowCount();</pre>
      ASSERT EQ(expected [0]. size (), multiplied.getColCount())
24
       << "Az oszlopok szama elter! Elvart: " << expected[0]. size()</pre>
25
26
        << ". kapott: " << multiplied.getColCount():</pre>
27
      for (unsigned row=0; row<expected.size(); row++) {
        for (unsigned col=0; col<expected[row].size(); col++) {
28
29
          EXPECT EQ(expected[row][col], multiplied.get(row, col))
            << "Nem egyezik az elemek erteke a [" << row << "]["</pre>
30
31
            << col << "] helven!":
32
33
```

Kimenet [=======] Running 1 test from 1 test case. [----] Global test environment set-up. [----] 1 test from MulTest [RUN] MulTest.meaningful /home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/03/matrix03test.cpp:21: Failure Expected: expected.size() Which is: 3 To be equal to: multiplied.getRowCount() Which is: 6 A sorok szama elter! Elvart: 3. kapott: 6 FAILED] MulTest.meaningful (0 ms) [-----] 1 test from MulTest (0 ms total) [----] Global test environment tear-down [=======] 1 test from 1 test case ran. (0 ms total) PASSED 1 0 tests FAILED | 1 test. listed below: [FAILED] MulTest.meaningful 1 FAILED TEST

- Az ASSERT_EQ leállította a tesztesetet.
- Testreszabott hibaüzeneteket jelenítettünk meg.



Elemi követelmények

Végzetes hibákhoz	Nem végzetes hibákhoz	Követelmény
ASSERT_TRUE(feltétel)	EXPECT_TRUE(feltétel)	<i>feltétel</i> igaz értékű
ASSERT_FALSE(feltétel)	EXPECT_FALSE(feltétel)	<i>feltétel</i> hamis értékű

Relációs követelmények

Végzetes hibákhoz	Nem végzetes hibákhoz	Követelmény
ASSERT_EQ(val1, val2);	EXPECT_EQ(val1, val2);	val1 == val2
ASSERT_NE(<i>val1, val2</i>);	EXPECT_NE(val1, val2);	<i>val1</i> != <i>val2</i>
ASSERT_LT(<i>val1, val2</i>);	EXPECT_LT(<i>val1, val2</i>);	val1 < val2
ASSERT_LE(<i>val1, val2</i>);	EXPECT_LE(<i>val1, val2</i>);	val1 <= val2
ASSERT_GT(<i>val1, val2</i>);	EXPECT_GT(val1, val2);	val1 > val2
ASSERT_GE(<i>val1, val2</i>);	EXPECT_GE(<i>val1, val2</i>);	<i>val1</i> >= <i>val2</i>



Az első teszprogram elkészítése Megjegyzések

- A feltüntetett operátoroknak definiáltnak kell lenniük val1 és val2 között. Lehetőségeink:
 - Felültöltjük az operátorokat.
 - 2 Az {ASSERT,EXPECT}_{TRUE,FALSE} makrókat használjuk, de ezek nem írják a kimenetre az elvárt/kapott értékeket.
- A paraméterek egyszer lesznek kiértékelve, de nem definiált sorrendben (mellékhatások).
- Az {ASSERT, EXPECT} _ EQ makrók mutatók esetén a címeket hasonlítja össze, nem az ott lévő tartalmat! C-stílusú karakterláncok kezeléséhez külön makrók léteznek. (string objektumokkal nincs gond.)
- C++11 szabványnak megfelelő fordító esetén NULL helyett nullptr-t használjunk (utóbbi nem konvertálható implicit módon int-té)!
- Lebegőpontos számok összehasonlításakor kerekítési hibák adódhatnak.



Készítsünk lebegőpontos számokból álló mátrixokat, majd teszteljük a szorzást ismét!

```
04/matrix04test.cpp (04/matrix04.h, 04/CMakeLists.txt)
31
   TEST(MulTest rounding) {
32
      std::vector<std::vector<double>> left = {
33
        {sqrt(2.), 0.},
34
        \{0...1./3.\}
35
36
      std::vector<std::vector<double>> right;
      right resize (2, std :: vector < double > (2, 1.)):
37
38
      std::vector<std::vector<double>> expected = {
39
        {1.414213562, 1.414213562},
        {0.333333333, 0.3333333333}
40
41
```

04/matrix04test.cpp

googletest

```
42
      szeMatrix :: Matrix < double > m1(left);
43
      szeMatrix :: Matrix < double > m2(right);
44
      szeMatrix::Matrix<double> multiplied = m1.mul(m2);
     ASSERT EQ(expected.size(), multiplied.getRowCount());
45
     ASSERT EQ(expected [0]. size(), multiplied.getColCount());
46
47
      for(unsigned row=0; row<expected.size(); row++) {</pre>
        for(unsigned col=0; col<expected[row].size(); col++) {</pre>
48
          EXPECT EQ(expected[row][col], multiplied.get(row, col));
49
50
51
52
```

```
Kimenet
```

```
Γ RUN
           ] MulTest.rounding
/home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/04/matrix04test.cpp:49: Failure
Value of: multiplied.get(row, col)
 Actual: 1.41421
Expected: expected[row][col]
Which is: 1 41421
/home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/04/matrix04test.cpp:49: Failure
Value of: multiplied.get(row, col)
 Actual: 0.333333
Expected: expected[row][col]
Which is: 0 3333333
[ FAILED ] MulTest.rounding (0 ms)
```

A kerekítési hibák érzékelhetetlenek a kimeneten és a teszt sikertelen.



googletest

Lebegőpontos számok kezelése

Próbálkozzunk a beépített, lebegőpontos számokat összehasonlító makrókkal!

```
05/matrix05test.cpp (05/matrix05.h, 05/CMakeLists.txt)
47
      for (unsigned row=0; row<expected.size(); row++) {
48
        for (unsigned col=0: col<expected [row]. size(): col++) {
          //EXPECT EQ(expected[row][col], multiplied.get(row, col));
49
          EXPECT DOUBLE EQ(expected [row][col], multiplied.get(row, col));
50
51
52
```

Kimenet

```
Γ R.U.N
          ] MulTest.rounding
/home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/05/matrix05test.cpp:50: Failure
Value of: multiplied.get(row, col)
 Actual 1 4142135623730951
Expected: expected[row][col]
Which is: 1.414213562
/home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/05/matrix05test.cpp:50: Failure
Value of: multiplied.get(row, col)
  Actual: 0.3333333333333333333
Expected: expected[row][col]
Which is: 0.33333333300000001
[ FAILED ] MulTest.rounding (0 ms)
. . .
```

Most már látszik, hogy az értékek közötti különbség nagyobb, mint 4 ULP (Units in the Last Place), ezért tekinti őket a teszt különbözőnek.



goog et est

Növeljük meg a számok közötti legnagyobb megengedett eltérést!

```
06/matrix06test.cpp (06/matrix06.h, 06/CMakeLists.txt)
47
      for (unsigned row=0; row<expected.size(); row++) {</pre>
        for (unsigned col=0: col<expected[row].size(): col++) {
48
          //EXPECT EQ(expected[row][col], multiplied.get(row, col));
49
          //EXPECT DOUBLE EQ(expected [row] [col], multiplied.get(row, col));
50
          EXPECT NEAR(expected [row] [col], multiplied get(row, col), 1e-9);
51
52
53
```

Kimenet

```
[=======] Running 2 tests from 1 test case.
[-----] Global test environment set-up.
  -----1 2 tests from MulTest
          ] MulTest.meaningful
[ RUN
       OK ] MulTest.meaningful (0 ms)
       ] MulTest.rounding
[ RUN
       OK ] MulTest.rounding (0 ms)
   ------- 2 tests from MulTest (1 ms total)
[-----] Global test environment tear-down
\lceil = = = = = = \rceil 2 tests from 1 test case ran. (1 ms total)
  PASSED 1 2 tests.
```

Lebegőpontos számokkal szemben támasztható követelmények

Végzetes hibákhoz	Nem végzetes hibákhoz	Követelmény
ASSERT_FLOAT_EQ(val1, val2);	EXPECT_FLOAT_EQ(val1, val2);	float típusú értékek 4 ULP- n belül
ASSERT_DOUBLE_EQ(<i>val1</i> , <i>val2</i>);	EXPECT_DOUBLE_EQ(val1, val2);	<i>double</i> típusú értékek 4 ULP-n belül
ASSERT_NEAR(val1, val2, abs_error);	EXPECT_NEAR(val1, val2, abs_error);	a két érték különbségének abszolút értéke nem na- gyobb <i>abs_error</i> -nál



Próbáljuk meg a mátrixok elemenkénti összehasonlítása helyett a teljes mátrixokat összehasonlítani!

```
07/matrix07test.cpp (07/matrix07.h, 07/CMakeLists.txt)
```

```
31
    TEST(MulTest, equality) {
      std::vector<std::vector<double>> left = {
32
33
        {11, 12, 13, 14}.
        {21, 22, 23, 24},
34
35
        {31, 32, 33, 34}
36
37
      std::vector<std::vector<double>> right;
38
      right resize (4. \text{ std} :: \text{vector} < \text{double} > (3. 1.)):
      std::vector<std::vector<double>> expected = {
39
40
        {50. 50. 50}.
        {90, 90, 90},
41
42
        {130, 130, 130}
43
```

Revezetés

```
07/matrix07test.cpp
     szeMatrix :: Matrix < double > m1(left);
44
     szeMatrix :: Matrix < double > m2( right );
45
46
     szeMatrix :: Matrix < double > mexp(expected);
     szeMatrix :: Matrix < double > multiplied = m1.mul(m2);
47
     ASSERT EQ(mexp.getRowCount(), multiplied.getRowCount());
48
     ASSERT EQ(mexp.getColCount(), multiplied.getColCount());
49
     ASSERT EQ(mexp, multiplied);
50
51
```

Kimenet

Probléma: az 50. sor ASSERT_EQ(mexp, multiplied); utasítása feltételezi az == operátor felültöltését a Matrix osztályhoz.



Revezetés

08/matrix08.h (08/matrix08test.cpp, 08/CMakeLists.txt)

```
template < class T>
    class Matrix {
 6
10
      public:
19
        template < class U>
20
        friend bool operator == (const Matrix < U> &m1, const Matrix < U> &m2);
21
58
    template < class U>
59
    bool operator==(const Matrix < U> &m1, const Matrix < U> &m2) {
60
      return m1.mtx == m2.mtx:
61
```

Revezetés

Kimenet

```
wajzy@wajzy-notebook:~/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/08$ make
[100%] Built target runTests
wajzy@wajzy-notebook: ~/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/08$ ./runTests
[=======] Running 3 tests from 1 test case.
   -----] Global test environment set-up.
[-----] 3 tests from MulTest
[ RUN
          ] MulTest.meaningful
       OK ] MulTest.meaningful (0 ms)
          ] MulTest.equality
Γ RUN
       OK ] MulTest.equality (1 ms)
          ] MulTest.rounding
[ RUN
       OK ] MulTest.rounding (0 ms)
          -1 3 tests from MulTest (1 ms total)
  ----- Global test environment tear-down
\Gamma = = = = = = = 1 3 tests from 1 test case ran. (1 ms total)
F PASSED 1 3 tests.
```

googletest

Teszteljük le a print() tagfüggvény kimenetét!

Függvény	Funkció
CaptureStdout()	Megkezdi az stdout-ra írt tartalom rögzítését
<pre>GetCapturedStdout()</pre>	Lekérdezi a rögzített tartalmat és leállítja a rögzítést
CaptureStderr()	Megkezdi az stderr-re írt tartalom rögzítését
<pre>GetCapturedStderr()</pre>	Lekérdezi a rögzített tartalmat és leállítja a rögzítést

Belső tagfüggvények, használatuk nem javasolt (googletest forráskód).



09/matrix09.cpp (09/matrix09.h, 09/CMakeLists.txt) 76 TEST(MulTest, print) { std::vector<std::vector<double>> right; 77 right resize (2, std :: vector < double > (2, 1.)); 78 79 szeMatrix :: Matrix < double > m2(right); const char* expected = "1\t1\t\n1\t1\t\n"; 80 testing::internal::CaptureStdout(): 81 82 m2.print(); 83 std::string output = testing::internal::GetCapturedStdout(); 84 ASSERT EQ(expected output c str()); 85

googletest

```
Kimenet
```

```
[ RUN
           ] MulTest.print
/home/wajzy/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/09/matrix09test.cpp:84: Failure
Value of: output.c_str()
  Actual: 0x1bb1f28
Expected: expected
Which is: 0x475e6a
  FAILED ] MulTest.print (0 ms)
```

Probléma: a C-stílusú karakterláncok címeit hasonlítja össze, nem az ott lévő tartalmat!



C-stílusú karakterláncokkal szemben támasztható követelmények

Végzetes hibákhoz	Nem végzetes hibákhoz	Követelmény
ASSERT_STREQ(str1, str2);	EXPECT_STREQ(str1, str2);	A két C-stílusú karakter-
		lánc tartalma azonos
ASSERT_STRNE(<i>str1, str2</i>);	EXPECT_STRNE(<i>str1</i> , <i>str2</i>);	A két C-stílusú karakter-
		lánc tartalma eltérő
ASSERT_STRCASEEQ(<i>str1, str2</i>);	EXPECT_STRCASEEQ(str1, str2);	A két C-stílusú karakter-
		lánc tartalma a kis- és
		nagybetűk eltérésétől elte-
		kintve azonos
ASSERT_STRCASENE(str1, str2);	EXPECT_STRCASENE(str1, str2);	A két C-stílusú karakter-
		lánc tartalma a kis- és
		nagybetűk eltérését figyel-
		men kívül hagyva is eltérő



goog et est

Javítsuk a tesztesetet és készítsünk további, hasonló tagfüggvényeket (tesztekkel)!

```
10/matrix10test.cpp (10/CMakeLists.txt)
76
   TEST(MulTest, print) {
     std::vector<std::vector<double>> right;
77
78
      right.resize(2, std::vector<double>(2, 1.));
79
     szeMatrix :: Matrix < double > m2(right);
     const char* expected = "1\t1\t\n1\t1\t\n";
80
81
     testing::internal::CaptureStdout();
82
     m2.print();
83
     std::string output = testing::internal::GetCapturedStdout();
84
     //ASSERT EQ(expected, output.c str());
85
     ASSERT STREQ(expected, output.c str());
86
```

Kimenet és karakterláncok kezelése

```
#include < sstream >
   class Matrix {
11
      public:
16
        void print();
17
        std::string toString();
18
        const char* toCString();
24
```

Kimenet és karakterláncok kezelése

```
10/matrix10.h
```

```
36
    template < class T>
37
    std::string Matrix<T>::toString() {
38
      std::stringstream ss;
39
      for(std::vector<T> row : mtx) {
40
        for (T elem : row) {
41
          ss << e|em << '\t':
42
43
        ss << std::endl:
44
45
      return ss.str();
46
47
48
    template < class T>
49
    const char* Matrix<T> toCString() {
50
      return toString() c str();
51
```

10/matrix10test.cpp

```
88
     TEST(MulTest, toString) {
89
       std::vector<std::vector<double>> right;
90
       right resize (2, std :: vector < double > (2, 1)):
       szeMatrix:: Matrix < double > m2(right);
91
92
       std::string expected = "1\t1\t1\t1\t1\t1\t1\t1
93
       ASSERT EQ(expected, m2.toString());
94
95
96
     TEST(MulTest toCString) {
97
       std::vector<std::vector<double>> right;
98
       right resize (2. \text{ std} :: \text{vector} < \text{double} > (2. 1.)):
       szeMatrix:: Matrix < double > m2(right);
99
       const char* expected = "1\t1\t1\t1\t1\t1\t1
100
       ASSERT STREQ(expected, m2.toCString());
101
102
```

Fixtures

```
76
    TEST(MulTest, print) {
77
       std::vector<std::vector<double>> right:
       right resize (2, std::vector < double > (2, 1,));
78
       szeMatrix:: Matrix < double > m2(right);
79
       80
88
    TEST(MulTest, toString) {
89
       std::vector<std::vector<double>> right:
90
       right resize (2. \text{ std} :: \text{vector} < \text{double} > (2. 1.)):
91
       szeMatrix:: Matrix < double > m2(right):
92
       std::string expected = "1\t1\tn1\t1\tn":
96
    TEST(MulTest to CString) {
97
       std::vector < std::vector < double >> right;
       right resize (2, std :: vector < double > (2, 1.));
98
99
       szeMatrix:: Matrix < double > m2(right):
       100
```

Revezetés

Fixtures

- Származtassunk le egy osztályt a ::testing::Test-ből! Ha az Osztaly-t szeretnénk tesztelni, legyen a neve OsztalyTest!
- 2 Deklaráljuk a többször használt tagokat! Legyenek védettek, hogy a leszármazottakból is használhatók legyenek!
- 3 A tagokat inicializáljuk az alapértelmezett konstruktorban vagy a (felüldefiniált) SetUp() tagfüggvényben!
- 4 Ha szükséges, készítsünk destruktort vagy (felüldefiniált) TearDown() tagfüggvényt az erőforrások felszabadítására!
- 5 Ha szükséges, írjunk függvényeket, amiket több teszteset is hívhat!



- 6 A tesztesetek definiálásakor a TEST helyett használjuk a TEST_F makrót!
- A tesztkészlet neve egyezzen meg a fixture osztály nevével (OsztalyTest)!

Megjegyzések

- Az osztálynak már a tesztesetek makrói előtt definiáltnak kell lennie.
- Könnyű elgépelni a SetUp() és TearDown() függvények neveit, használjuk az override kulcsszót (C++11)!
- Minden egyes tesztesethez új példány készül a fixture-ből (nem "interferálnak" a tesztesetek), majd:
 - $\mathsf{alap\'ertelmezett} \ \mathsf{konstruktor} \to \mathtt{SetUp()} \to \mathtt{TEST_F} \to \mathtt{TearDown()} \to \mathsf{destruktor}.$



Revezetés

Fixtures

- A const minősítővel ellátott tagváltozó csak a konstruktort követő inicializátor listával inicializálható. Jó ötlet a véletlen módosítások meggátolására.
- Ha a fixture osztályból származtatunk, az ős(ök) konstruktorának/destruktorának hívása mindenképpen végbemegy a megfelelő sorrendben. A SetUp()/TearDown() esetében erre a programozónak kell ügyelnie.



Fixtures

- A C++ nem engedi meg virtuális függvények hívását a konstruktorokban és destruktorokban, mert elvileg így meghívható lehetne egy inicializálatlan objektum metódusa, és ezt túl körülményes ellenőrizni. (Ha megengedi, akkor is csak az aktuális objektum metódusát hívja.)
- A konstruktorban/destruktorban nem használhatóak az ASSERT * makrók. Megoldás:
 - SetUp()/TearDown() használata
 - Az egész tesztprogramot állítjuk le egy abort() hívással.
- Ha a leállási folyamat során kivételek kelethezhetnek, azt a destruktorban nem lehet megbízhatóan lekezelni (definiálatlan viselkedés, akár azonnali programleállással).



11/matrix11test.cpp (11/CMakeLists.txt, 11/matrix11.h)

```
6
    class MatrixTest : public :: testing :: Test {
     protected:
        szeMatrix:: Matrix < double >* mtx2by2;
9
        const char* expectedStr = "1\t1\t\n1\t1\t\n";
        void SetUp() override {
10
          std::vector<std::vector<double>> vec2bv2:
11
          vec2by2.resize(2, std::vector < double > (2, 1.));
12
          mtx2by2 = new szeMatrix::Matrix<double>(vec2by2);
13
14
15
        void TearDown() override {
          delete mtx2bv2:
16
17
18
```

11/matrix11test.cpp

```
90
    TEST F(MatrixTest, print) {
91
       testing :: internal :: CaptureStdout ();
92
       mtx2bv2 \rightarrow print():
       std::string output = testing::internal::GetCapturedStdout();
93
94
      ASSERT STREQ(expectedStr, output.c str());
95
96
97
    TEST F(MatrixTest, toString) {
98
       std::string expected = expectedStr:
99
      ASSERT EQ(expected, mtx2by2->toString());
100
101
102
    TEST F(MatrixTest, toCString) {
103
      ASSERT STREQ(expectedStr, mtx2by2->toCString());
104
```

Kimenet

```
wajzy@lenovo:~/Dokumentumok/gknb_intm006/GKxB_INTM006/11$ ./runTests
[=======] Running 6 tests from 2 test cases.
[----] Global test environment set-up.
[---- 3 tests from MulTest
Γ RIIN
          ] MulTest.meaningful
       OK ] MulTest.meaningful (0 ms)
Γ RIIN
          ] MulTest.equality
       OK ] MulTest.equality (0 ms)
[ RUN
          1 MulTest.rounding
       OK ] MulTest.rounding (0 ms)
[-----] 3 tests from MulTest (0 ms total)
[-----] 3 tests from MatrixTest
Γ RIIN
          ] MatrixTest.print
       OK ] MatrixTest.print (0 ms)
[ RUN
          1 MatrixTest.toString
       OK ] MatrixTest.toString (0 ms)
Γ RIIN
          ] MatrixTest.toCString
       OK ] MatrixTest.toCString (0 ms)
[-----] 3 tests from MatrixTest (0 ms total)
[-----] Global test environment tear-down
[=======] 6 tests from 2 test cases ran. (1 ms total)
[ PASSED ] 6 tests.
```

Egészítsük ki a Matrix osztályt olyan konstruktorral, ami egy rows sorból és cols oszlopból álló mátrixot véletlenszerűen feltölt min és max közé eső értékekkel!

```
12/matrix12.h (12/CMakeLists.txt)
8
   template < class T>
 9
   class Matrix {
      public:
13
        Matrix(int rows, int cols, T min, T max);
14
27
```

12/matrix12.h

```
template < class T>
29
30
    Matrix<T>:: Matrix(int rows, int cols, T min, T max) {
      unsigned seed = std::chrono::system clock::now().time since epoch().count();
31
32
      std::mt19937 rng(seed);
33
      std::uniform int distribution < uint 32 t > dist;
      mtx_resize(rows, std::vector<T>(cols));
34
35
      for (int r=0: r< rows: r++) {
        for (int c=0; c<co|s; c++) {
36
37
          mtx[r][c] = 0.2 + min+(T) dist(rng)/rng.max()*(max-min); // BAD
          // mtx[r][c] = min+(T) dist(rng)/rng.max()*(max-min); // GOOD
38
39
40
41
```

A BAD sor kizárólag tesztelési célokat szolgál, hogy néha intervallumon kívüli értékek kerüljenek a mátrixba.



12/matrix12test.cpp

```
90
    TEST(MulTest, randomized) {
91
       int rows = 2:
92
       int cols = 3:
       double min = -3:
93
94
       double max = +3;
95
       szeMatrix:: Matrix < double > mtxRnd(rows, cols, min, max);
96
      ASSERT EQ(rows, mtxRnd.getRowCount());
97
      ASSERT EQ(cols, mtxRnd.getColCount());
98
       for (int r=0; r< rows; r++) {
99
         for (int c=0; c<co|s; c++) {
100
           double val = mtxRnd.get(r. c):
101
           EXPECT GE(max, val);
           EXPECT LE(min, val);
102
103
104
105
```

- Tesztkészlet N-szeri ismétlése. Negatív értékre az örökkévalóságig ismétel.
 - --gtest repeat=N
- Leállás az első olyan tesztkészlet iterációnál, ami hibát talált. Debuggerből futtatva a teszteket a memória tartalma ellenőrizhető
 - --gtest_break_on_failure
- Tesztesetek szűrése: csak akkor fut le egy teszteset, ha létezik olyan pozitív, de nem létezik olyan negatív minta, amire illeszkedik. A negatív minták elhagyhatóak. A pozitív mintákat a negatívaktól - választja el. A * tetszőleges karakterláncra illeszkedik, a ? egy tetszőleges karaktert helyettesít.
 - --gtest_filter=poz1:poz2:...:pozN-neg1:neg2:...:negN
- Tesztkészletek és -esetek listázása
 - --gtest_list_tests

Egyes beállítások környezeti változókon keresztül is módosíthatóak.



Milyen teszteseteink vannak?

```
./runTests --gtest_list_tests
MulTest.
 meaningful
  equality
 rounding
  randomized
MatrixTest.
  print
 toString
 toCString
```

- Minden tesztkészlet összes tesztesetének futtatása
 - ./runTests
 - ./runTests --gtest_filter=*
- Csak a MulTest tesztkészlet futtatása
 (2000 Teste est filter MulTest est filter MulTest est filter MulTest est filter mulTest est filter est filt
 - ./runTests --gtest_filter=MulTest.*
- Az összes r betűt tartalmazó teszt futtatása, kivéve a String-et tartalmazókat és MulTest.rounding-ot, azaz randomized és print futtatása ./runTests --gtest_filter=*r*-*String:MulTest.rounding
- Csak a randomized futtatása 100-szor
 - ./runTests --gtest_filter=MulTest.randomized --gtest_repeat=100



 Teszteredmények fájlba mentése. Tesztismétlés esetén csak az utolsó iteráció eredményét tartalmazza. Alapértelmezett kimenet: test detail.xml Ha kimenet egy mappa, mindig új nevet választ a felülírás elkerülésére.

```
--gtest_output=xml<:kimenet>
Pl. ./runTests --gtest_filter=MulTest.randomized --gtest_output=xml:egysegteszt.xml
```

```
12/egysegteszt.xml
-<testsuites tests="7" failures="1" disabled="0" errors="0" time="0 001" name="4]Tests">
  -<testsuite name="MulTest" tests="4" failures="1" disabled="0" errors="0" time="0">
   -<testcase name="randomized" status="run" time="0" classname="MulTest">
     -<failure message="Expected: (max) >= (val), actual: 3 vs 3.10317" type="">
        /home/waizy/Dokumentumok/gknb intm006/GKxB INTM006/12/matrix12test.cpp:101 Expected: (max) >= (val), actual: 3 vs 3.10317
       </failure>
     </testcase>
   </testsuite>
 </testsuites>
```

Az XML megjeleníthető különféle eszközökkel, pl. Jenkins/xUnit-tal



Egészítsük ki a konstruktort kivétel dobásával, ha az eredeti vektor sorai nem azonos elemszámúak!

```
13/matrix13.h (13/CMakeLists.txt)
```

googletest

```
#include < stdexcept >
    namespace szeMatrix {
8
9
    template < class T>
10
    class Matrix {
      protected
11
12
        std::vector<std::vector<T>> mtx:
13
14
      public
15
        Matrix(int rows, int cols, T min, T max):
16
        Matrix (std::vector<std::vector<T>> src);
26
    };
```

Kivételek és haláltesztek

```
13/matrix13.h
```

```
41
    template < class T>
42
    Matrix<T>:: Matrix(std::vector<std::vector<T>> src) {
43
      bool firstRow = true;
      unsigned numCols;
44
45
      for(std::vector<T> row : src) {
46
        if (firstRow) {
47
          numCols = row.size();
48
          firstRow = false:
49
        } else {
           if ( numCols != row size ()) {
50
51
             throw std::range error("Row lengths are different.");
52
53
54
        mtx push back(row);
55
56
```

Módosítsuk és egészítsük ki tesztünket!

googletest

```
13/matrix13test.cpp
20
    TEST(MulTest, meaningful) {
      std::vector<std::vector<int>> left = {
21
22
        {11, 12, 13, 14},
23
        {21, 22, 23, 24},
24
        {31, 32, 33, 34}
25
26
      std::vector<std::vector<int>>> right;
27
      right resize (4, std :: vector < int > (3, 1.));
      std::vector<std::vector<int>>> expected = {
28
29
        {50. 50. 50}.
30
        {90, 90, 90}.
        {130. 130. 130}
31
32
```

13/matrix13test.cpp

```
33
     ASSERT NO THROW({
        szeMatrix:: Matrix<int> m1(|eft);
34
35
        szeMatrix:: Matrix<int> m2(right);
36
        szeMatrix :: Matrix < int > multiplied = m1.mul(m2);
37
        ASSERT EQ(expected.size(), multiplied.getRowCount());
38
        ASSERT EQ(expected[0].size(), multiplied.getColCount());
39
        for (unsigned row=0; row<expected.size(); row++) {
          for (unsigned col=0; col<expected [row]. size (); col++) {
40
            EXPECT EQ(expected[row][col], multiplied.get(row, col));
41
42
43
44
45
```

```
13/matrix13test.cpp
   TEST(MulTest, diffRowLengths) {
47
     std::vector<std::vector<int>> invalid = {
48
        {11},
49
50
        {21, 22},
        {31, 32, 33}
52
53
     ASSERT THROW(szeMatrix:: Matrix < int > re(invalid),
        std::range error);
54
55
```

Kivételek kiváltásával szemben támasztható követelmények

Végzetes hibákhoz	Nem végzetes hibákhoz	Követelmény
ASSERT_THROW(statement, exception_type);	EXPECT_THROW(statement, exception_type);	statement hatására ex-
		<i>ceptiontype</i> kivételnek
		kell keletkeznie
ASSERT_ANY_THROW(statement);	EXPECT_ANY_THROW(statement);	statement hatására vala-
		milyen kivételnek kell ke-
		letkeznie
ASSERT_NO_THROW(statement);	EXPECT_NO_THROW(statement);	statement hatására sem-
		milyen kivételnek sem sza-
		bad keletkeznie



A haláltesztek (Death Tests) azt ellenőrzik, hogy valamilyen körülmény hatására a program leáll-e. Egészítsük ki a konstruktort úgy, hogy negatív sor- vagy oszlopszám esetén 1 hibakóddal álljon le a program!

```
14/matrix14.h (14/CMakeLists.txt)
28
    template < class T>
    Matrix <T>:: Matrix (int rows, int cols, T min, T max) {
29
30
      if(rows<0 or cols<0) {
31
        std::cerr << "Row and column numbers must be non-negative.";</pre>
32
        exit (1);
33
```

Ellenőrizzük, hogy a program valóban leáll-e az elvárt módon!

Halálteszteket támogató makrók

Végzetes hibákhoz	Nem végzetes hibákhoz	Követelmény
ASSERT_DEATH(statement, matcher);	EXPECT_DEATH(statement, matcher);	statement programleállást idéz elő matcher üzenettel
ASSERT_DEATH_IF_SUPPORTED(statement, matcher);	EXPECT_DEATH_IF_SUPPORTED(statement, matcher);	Csak akkor ellenőrzi, hogy statement programleállást idéz-e elő matcher üzenet- tel, ha a haláltesztek tá- mogatottak
ASSERT_EXIT(statement, predicate, matcher);	EXPECT_EXIT(statement, predicate, matcher);	statement programleállást idéz elő matcher üzenettel, a kilépési kódot predicate- nek megfelelőre állítja



Paraméterezés:

statement

A programleálláshoz vezető (egyszerű vagy összetett) utasítás.

predicate

Függvény vagy függvény objektum, ami int paramétert vár és bool-t szolgáltat:

- ::testing::ExitedWithCode(exit_code)
 Az elvárt kilépési kódot ellenőrzi.
- ::testing::KilledBySignal(signal_number)
 Ellenőrzi, hogy a programot az elvárt jelzés szakította-e félbe (Windows-on nem támogatott).



Paraméterezés folyt.:

matcher

Kivételek és haláltesztek

A szabvány hibacsatornára írt, elvárt üzenet. Ellenőrizhető:

- GMock illesztővel (const std::string&-t illeszt)
- Perl-kompatibilis reguláris kifejezéssel (A "csupasz" karakterláncokat ContainsRegex(str)-rel értékelik ki.)

Megjegyzések

- A 0 kilépési kóddal leálló programot nem tekintik "halott" programnak. A leállítás általában abort(), exit() hívással vagy egy jelzéssel történik.
- A haláltesztek készletének neve DeathTest-re kell, hogy végződjön (részletek). Szálbiztos környezet szükséges lehet.



I Indítsuk el a Qt Creatort.



- A dialógusablakban jelöljük meg a Non-Qt Project-et majd a Plain C++ Application-t! Végül kattintsunk a Choose... gombra!





A dialógusablakban adjuk meg a projekt nevét a Name mezőben (szematrix), és válasszunk egy mappát, ahová a projektet elhelyezhetjük! Végül lépjünk a következő oldalra (Next)!



Az építő rendszer elvileg lehetne *cmake* is, de ezt az IDE nem támogatja teljeskörűen, ezért őrizzük meg az alapértelmezett *gmake*-et, majd lépjünk a következő oldalra!



- A következő oldalon, az Add to version control...-nál lehetne beállítani a Git verziókezelőt, de mivel nincs hosszabb távú célunk a projekttel, nem élünk a lehetőséggel.
 - A dialógusablak alján látszik, hogy létrejön a gmake projektleíró fájlja (szematrix.pro) illetve egy helykitöltő forrásszöveg (main.cpp), amit hamarosan lecserélünk.





- Másoljuk a projekt mappájába a 01/example01.cpp és 14/matrix14.h fájlokat!
- A Projects nézetben kattintsunk jobb gombbal a projekt nevén (szematrix), a kinyíló menüben pedig válasszuk az Add Existing Files... pontot! Adjuk hozzá a projekthez az előbb bemásolt két állományt!
- Mattintsunk jobb gombbal a main.cpp-n, majd válasszuk a Remove File... lehetőséget, azaz töröljük a generált állományt! Ne sajnáljuk a fájlt véglegesen törölni (Delete file permanently).
- Nyissuk meg az example01.cpp fájlt a nevére duplán kattintva, majd módosítsuk a második sort, hogy a matrix14.h-ra hivatkozzon!



 \blacksquare Ezután a program fordítható, futtatható ($Build \rightarrow Run$, vagy a zöld háromszögre kattintva).



- A megnyíló dialógusablak Name mezőjébe gépeljük az új projekt nevét: matrixteszt!
- IS A következő fülön kell kiválasztani a tesztelés eszközét, ami legyen *Googletest*! Bár most erre semmi szükségünk, kénytelenek vagyunk megadni egy helykitöltő teszteset-nevet (*Test case name*, pl. case1) és tesztkészlet-nevet (*Test set name*, pl. set1). Engedélyezzük a C++11-kompatibilis fordítást a jelölőnégyzettel, majd adjuk meg a googletest könyvtárát! Most is őrizzük meg a qmake építő rendszert!

Location	Project and Test	Information	
Details	Test framework:	Googletest +	
	Test case name:	case1	
	Test set name:	set1	
		▼ Enable C++11	
	Googletest repository:	/usr/src/googletest	Browse
	Build system:	gmake 🔻	



- 16 A Next, maid Finish gombokra kattintva létrejön, és aktívvá válik a teszt projekt.
- II A projekt mappájába (matrixteszt) másoljuk be a 14/matrix14test.cpp fájlt! A Projects nézetben a projekten jobb gombbal kattintva válasszuk az Add Existing Files... pontot, és adjuk hozzá az átmásolt fájlt a projekthez!
- Nvissuk meg a fáilt a szerkesztőben, majd módosítsuk az első sort: #include"../szematrix/matrix14.h"
- Távolítsuk el a projektből a main.cpp és tst_case1.h fájlokat (Del gomb)!
- A tesztprogram a zöld gombbal fordítható, futtatható.



■ Futtatandó tesztesetek kiválasztása: *Tests* nézetben.

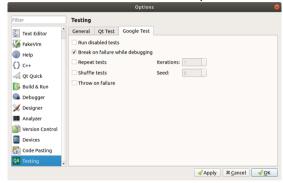


- Kiválasztott/összes teszteset futtatása: Test Results kimeneti ablaktábla (Window)
 - Output Panes → Test Results) zöld háromszögeivel





■ További beállítások: *Tools* → *Options...* → *Testing*



Tesztelésről általában

Ficsor Lajos, Kovács László, Kusper Gábor, Krizsán Zoltán: Szoftvertesztelés ISTQB CTFL Syllabus 2018 Szakkifejezések kereshető gyűjteménye

googletest

Hivatalos Google tutorial, bevezető Hivatalos Google tutorial, feilett technikák googletest FAQ Ubuntu-specifikus részletek IBM tananvag a googletest-hez



Források