SAKARYA ÜNİVERSİTESİ BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

Google Test Framework ile C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi

Öğrenciler; Oğuzhan İNCE, Savaş KAPLAN

Danışman Öğretmen; Dr. M. Fatih ADAK

Yazılım Testi Nedir ?

Test, bir sistemi manuel veya otomatik yollarla deneyerek veya değerlendirerek, belirlenmiş gereksiniml eri karşıladığının doğrulanması veya beklenen ile gözlenen sonuçlar arasındaki farkların belirlenmesi sürecidir. Yazılım testi ise bir yazılımın sonsuz sayıdaki çalışma alanından, sınırlı sayıda ve uygun şekilde seçilmiş testler ile beklenen davranışlarını karşılamaya yönelik, dinamik olarak yapılan doğrulama faaliyetlerini kapsamaktadır.

Neden Gereklidir ?

- Müşteriye sunulmadan önce ürün kalitesinden emin olmak,
- Yeniden çalışma (düzeltme) ve geliştirme masraflarını azaltmak,
- Geliştirme işleminin erken aşamalarında yanlışları saptayarak ileri aşamalara yayılmasını önlemek, böylece zaman ve maliyetten tasarruf sağlamak,
- Müşteri memnuniyetini arttırmak ve izleyen siparişler için zemin hazırlamak.

Yazılım Test Süreçleri Nelerdir ?

Genel olarak yazılım projeleri *analiz -> tasarım -> kodlama -> test -> ürün süreçleri* izlenerek geliştirilir. Bütün süreçler birbirini bu şekilde izlese de test süreci hiçbir zaman kodlama sürecinin bitmesini beklemez. İdeal bir yazılım test süreci;

analiz -> tasarım -> test hazırlık süreci-> kodlama -> dinamik test süreci -> testin sonlandırılması -> ürün şeklinde olmak durumundadır.

Test Hazırlık Süreci

Bu süreç, yazılım test süreçleri içindeki ilk aşama olmakla beraber, testin efektif sonuçlar vermesi ve verimli olması açısından büyük öneme sahiptir. Dolayısıyla, bir yazılımı iyi test edebilmek için, test işlemlerinden önce, sağlıklı bir test hazırlık süreci kaçınılmazdır. Test hazırlık sürecinde yapılması gereken birtakım standart işlemler şu şekilde sıralanır:

- Öncelikle test edilecek yazılıma ait analiz ve teknik tasarım aşamaları ile ilgili dökümanlar test ekibi tarafından incelenir.
- Yazılım içinde test edilecek ve edilmeyecek modüller belirlenir.
- Risk analizi yapılır ve yapılan değerlendirmeye göre dinamik test aşamasında uygulanacak olan test teknikleri ve metodları belirlenir.
- Dinamik testin uygulanacağı ortamlar ve bu ortamların ihtiyaçları belirlenip, uygun şartlar sağlanır.
- Test ekibi içinde görev paylaşımı ve zaman planlaması yapılır.
- Testin sonlandırma kriterleri belirlenir.
- Bir programa belirli girdiler (input) verildiğinde hangi çıkışların (output) ne şekilde alınması gerektiğini bildiren test case senoryaları belirlenir.
- Dinamik testin hangi adımlarla ve ne şekilde uygulanacağının belirtildiği test planı hazırlanır.

Yukarıda sıralanan test hazırlık sürecine ait aşamalar gerçeklendikten sonra dinamik yazılım testi aşamalarına geçilir.

Dinamik Test Süreci

Bu süreç kodlama çalışmalarının bitmesine yakın bir dönemde başlar. Bulunan tüm hatalar çözülmeden ve testin sonlandırma kriterleri sağlanmadan sona ermez. Test edilecek yazılımın türüne göre, dinamik olarak uygulanacak test teknikleri ve bu tekniklerin uygulanma metotları farklılık gösterebilir.

Genel olarak dinamik test süreci içinde ve sonrasında uygulanabilecek olan testler ve test teknikleri şu şekilde sıralanır:

● **Birim Testi (Unit Testing) :**
Dinamik test sürecinin ilk aşaması olmakla beraber, hataların erken bulunup düzeltilebilmesi açısından da bu sürecin en önemli aşamasını oluşturur. Mikro ölçekte yapılan bu testte, özel fonksiyonlar veya kod modülleri (fonksiyonlar, veri yapıları, nesneler vb.) test edilir. Bu test, test uzmanlarınca değil programcılar tarafından yapılır ve program kodunun ayrıntıları ile içsel tasarım biçiminin bilinmesi gerek ir. Uygulama kodu çok iyi tasarlanmış bir mimaride değilse oldukça zor bir testtir.

● **Tümleyim Testi (Integration Testing) :**
Bir uygulamanın farklı bileşenlerinin beraberce uyum içinde çalışıp çalışmadığını sınamak için yapılan bir testtir. Bileşenler, modüller, bağımsız uygulamalar, istemci/sunucu uygulamaları biçiminde olabilirler . Bu tür testlere, özellikle istemci/sunucu uygulamaları ve dağıtık sistemlerin testinde başvurulmaktadır. Bunun yanısıra uygulamaya yeni işlevsel elemanlar ya da program modülleri eklendikçe sürekli test

edilmesi işlemine de "Artımsal Tümleyim Testi" adı verilir. Test uzmanları ve/veya programcılar tarafından gerçekleştirilen testlerdir.

● **Regresyon Testi (Regression Testing) :**
Uygulamada ve uygulama ortamlarında gerekli değişiklikler ve sabitlemeler yapıldıktan sonra yeniden yapılan testlere çekilme (regresyon) testi denilir. Böylece, önceki testlerde belirlenen sorunların giderildi ğinden ve yeni hatalar oluşmadığından emin olunur. Uygulamanın kaç kez yeniden test edilmesi gerektiğini belirlemek güçtür ve bu nedenle, özellikle uygulama geliştirme döneminin sonlarına doğru yapılır.

● **Zorlanım – Performans Testi (Performance Testing) :**
Bu test, çoğu kez "yük testi" ile aynı anlamda kullanılmaktadır. Aynı zamanda, beklenmedik (normal olmayan) ağır yükler, belirli eylemler ve taleplerin çok fazla artışı, çok yoğun sayısal işlemler, çok karmaşık sorgulamalar vb. ağır koşullar altında olan bir sistemin işlevsellik testi (iş yapabilme testi) olarak da tanımlanabilmektedir. Bir web sitesi için sistem tepkisinin hangi noktada azaldığı veya yanıt veremez olduğunu belirlemek için yapılan testler, performans testine örnek teşkil edebilir.

● **Kullanıcı Kabul Testi (User Acceptance Testing) :**
Son kullanıcı veya müşteri siparişine (veya isteklerine) dayanan son test işlemidir. Kullanıcıların, uygulamayı "kabul" etmeden önce, söz konusu uygulamanın gereksinimlerini ne ölçüde karşılayıp karşılamadığını belirleyip, geri dönüş yapabileceği testlerdir.

● **Beyaz Kutu Test Tekniği (White Box Testing Technic) :**
Beyaz kutu test tekniğinin en genel tabiri kod testidir. Projenin hem kaynak kodu, hem de derlenmiş kodu test edilir. Bu tür testler, uygulama kodunun iç mantığı üzerindeki bilgiye bağlıdır. Yazılım kodundaki deyimler, akış denetimleri, koşullar vb. elemanlar sınanır.

● **Kara Kutu Test Tekniği (Black Box Testing Technic) :**
Test ekipleri tarafından en çok kullanılan teknik olan kara kutu test tekniği adından da anlaşılacağı gibi uygulamanın sadece derlenmiş kodu üzerinden test edilmesi olarak bilinir. Bu test tekniğinde, yazılımın programatik yapısı, tasarımı veya kodlama tekniği hakkında herhangi bir bilgi olması gerekli değildir. Yazılımın gereksinimine duyulan şeylere yanıt verip veremediği ve işlevselliği sınanmaktadır.

Testin Sonlandırılması

Yapılan testler sonucunda bulunan hatalar düzeltildikten sonra test sonlandırma kriterleri (test hazırlık süreci) kontrol edilir. Eğer tüm kriterlerin kabul edilebilir düzeyde sağlandığı tespit edilirse test sonlandırılır. Testin sonlandırılmasının ardından uygulama müşteri testine açılır (Kullanıcı Kabul Testi). Müşterilerin bulduğu hatalar veya değiştirilmesi istenilen noktalar gözden geçirilerek tekrar test ekibinin kontrolüne sunulur. Bu kontrolden çıkan uygulama ürün aşamasına geçer ve böylelikle yazılım test süreci sona erdirilerek, yazılım geliştirme sürecinin son basamağına geçilmiş olunur.

Unit Test nedir ?

Birim Testi bir yazılımın en küçük birimlerinin test edilmesi demektir. Temel bir örnek vermek istersek verdiğimiz iki sayıyı toplayan Topla metodumuz olsun;

```
int topla(int sayi1 , int sayi2) {  return sayi1 + sayi2; }
```

Bu method için yazılacak unit test metodu yaklaşık olarak söyle olacaktır;

```
TEST_METHOD(toplaTest) {  int geriDonenDeger;  int beklenenDeger;  geriDonenDeger = topla( 3 + 5 );  beklenenDeger = 8;  Assert::AreEqual( beklenenDeger , geriDonenDeger ); }
```

Yapmamız gereken, en basit metodumuz için bile giriş parametresini göndererek beklenen değerle metoddan geri dönen değeri karşılaştırmak. Test sistemini çalıştırdığımız zaman yaptığımız testin çalıştığı yada çalışmadığı sonucunu alıyoruz.

Sonuç olarak :

- Sistemin en küçük birimlerini hızlı bir şekilde test ederiz.
- Kodda hata varsa, hatanın nerede oluştuğunu saptamak kolaylaşır.
- Yazdığımız kodun neredeyse tamamının test edilmiş olmasını – test sürekliliğini sağlar.

Microsoft Visual Studio'da Unit Test Yazmak

Visual Studio'da unit test yazmak için bir unit test projesi oluşturmamız gerekiyor.

Bu işlemin bir ön şartı var, Visual Studio sadece Statik Kütüphane (.lib) projeleri için test yazmaya izin veriyor. Eğer projemizi çalıştırabilir yapmak istiyorsak Solution'ımıza bir çalıştırılabilir proje ekleyerek .lib yaptığımız ana projemizi buradan çağırmak işleri epeyce kolaylaştıracaktır.

Statik Kütüphane yaptığımız projemize Unit Test eklemek için;

Solition Explorer penceresinden sağ tıklayarak Add -> New Project , ya da FILE menüsünden Add - New Project'i seçerek açılan pencerede soldan Test i seçiyoruz. Bende 2 çeşit test projesi çıkıyor. Birisi Managed Test Project diğeri Native Unit Test Project, Native olanı seçip projemizi isimlendirerek Solution'ımıza ekliyoruz. İsimlendirme işlemi anlaşılabilir olması için genellikle testini oluşturduğunuz projenizin adının sonuna "Test" kelimesini ekleyerek yapılıyor.

Oluşan test projemiz External Dependecies, Header Files, Resource Files ve Source Files bölümlerinden oluşuyor. **Biz Source Files altına unit testlerimizi ekleyerek devam edeceğiz**. Projeyi ilk oluşturduğumu zda, **sources altında bize örnek bir unit test sınıfı da oluşuyor**, ilk olarak onu kullanmaya başlayabiliriz.

Unit Test Sınıfı Nasıl Düzenlenir ?

Tek yapılması gereken test edilecek/üzerinde çalıştığımız sınıfı, test sınıfına include etmek ve bu muhtemelen;

‘#include "../ProjeAdi/TestEdilecekSinif.h"’ ifadesiyle gerçekleştirilecektir.

Her method ve metodun içindeki her durum için TEST_METHOD’ları alt alta eklenmelidir ve testleri çalıştırmak için TEST menüsünden ‘Run -> All Tests’

Test sonuç kontrolleri ‘Test Explorer’ ekranından yapılır.

Test sınıfımız yaklaşık olarak aşağıdaki gibi gözükecektir.

```
using namespace Microsoft::VisualStudio::CppUnitTestFramework;    namespace ProjenizinAdiTest
{  TEST_CLASS(SinifinizinAdiTest)  {  public:    TEST_METHOD(MethodunuzunAdiTest)
{  SinifinizinAdi TestObject;  int actualValue;  int expectedValue;  expectedValue = 1;
string value = "000";  actualValue = TestObject.MethodunuzunAdi(value.c_str());
Assert::AreEqual(expectedValue, actualValue);   }    };  }
```

Code Coverage Nedir ?

Unit test işlemi ile ilgili önemli bir kavramdır, yazılan testlerin kontrol ettiği kodun, yazılan koda oranı anlamına gelir. Genelde % olarak baz alınır. Code coverage değeri ne kadar yüksekse unit testlerinden faydalanma oranı da o derece yüksektir. Başka bir deyişle bir kodumuzda bir hata olduğunda, hata cover etmediğimiz bir kod bölümüne denk gelmişse bunu unit testler ile bulamazsınız demektir.

Google Test Nedir ?

C++ Programlama dili için geliştirilen birim test kütüphanesidir. xUnit mimarisine sahiptir. POSIX ve Windows platformlarında derlenebilir. Google Test BSD
Lisansına sahiptir. Diğer çatılar yada yeni yazılacak bir test yazılımı ile karşılaştırıldığında ayrıcalıkları; xUnit, Fixtures, Mocks, Exceptions, Macros, Templates, Automatic test discovery, a rich set of assertions, userdefined assertions, death testleri, fatal ve nonfatal failures, various options for running the tests ve XML test report generation destekler. Geliştirme sürecinde Google Test kullanılan bazı projeler;

- Chromium Projesi (Chrome browser ve Chrome OS)
- LLVM Compiler
- Protocol Buffers (Google's data interchange format)
- OpenCV Yapay Zeka (Library)
- Gromacs Moleküler Dinamik Simülasyon (Package)

Google Test Gereklilikleri Nelerdir ?

Linux Gereklilikleri

- GNU-compatible Make veya gmake
- POSIX-standard shell
- POSIX(-2) Regular Expressions (regex.h)
- A C++98-standard-compliant compiler

Windows Gereklilikleri

- Microsoft Visual C++ v7.1 veya daha yenisi

Cygwin Gereklilikleri

- Cygwin v1.5.25-14 veya daha yenisi

Mac OS Gereklilikleri

- Mac OS X v10.4 Tiger veya daha yenisi
- Xcode Geliştirme Araçları

Katkıda bulunan kişiler için gereklilikler

- Python v2.3 veya daha yenisi
- CMake v2.6.4 veya daha yenisi

Google Test Genel Yapısı

Kurulum

Daha sonra otomatik ve manuel kurulumlara değineceğiz önce Google Testini ve onu kullanan testlerinizi oluşturmak için, yapı sisteminize başlıklarını ve kaynak dosyalarını nerede bulacağını söylemeniz gerekir. Bunu yapmanın kesin yolu, hangi yapı sistemini kullandığınıza bağlıdır ve genellikle basittir.

Google Test'i $ {GTEST_DIR} dizinine yerleştirdiğimizi varsayalım. Derlemek için bir kitaplık oluşturma hedefi (veya Visual Studio ve Xcode tarafından çağrılan bir proje) oluşturun.

```
${GTEST_DIR}/src/gtest-all.cc
```

$ {GTEST_DIR} / include sistem üstbilgi arama yolunda ve $ {GTEST_DIR} normal başlık arama yolunda. Linux benzeri bir sistem ve gcc varsayıldığında, aşağıdakine benzer bir şey yapar:

```
g++ -I ${GTEST_DIR}/include -I${GTEST_DIR} \ -pthread -c ${GTEST_DIR}/src/gtest-all.cc
ar -rv libgtest.a gtest-all.o
```

(Google Test, iş parçacığı kullandığı için -pthread'e ihtiyacımız var.)

Ardından, test kaynak dosyamızı sistem başlığı arama yoluna $ {GTEST_DIR}/include ile derlememiz ve onu gtest ve diğer gerekli tüm kütüphanelere bağlamamız gerekir:

```
g++ -I ${GTEST_DIR}/include -pthread path/to/your_test.cc libgtest.a \
      -o senin_testin
```

Örnek olarak make/ dizini, GNU make'in bulunduğu sistemlerde Google Testi'ni oluşturmak için kullanabileceğiniz bir Makefile'ı içerir (ör. Linux, Mac OS X ve Cygwin). Google Test'in kendi testlerini yapmaya çalışmaz. Bunun yerine, sadece Google Test kitaplığı ve örnek bir test oluşturur. Kendi yapı komut dosyamız için bir başlangıç noktası olarak kullanabiliriz.

Ortamımız için varsayılan ayarlar doğruysa, aşağıdaki komutlar başarılı olmalıdır:

```
cd ${GTEST_DIR}/make
make
./ornek1_unittest
```

Hatalar görürseniz make/Makefile dosyalarının içeriğini değiştirerek onları uzaklaştırmayı deneyebiliriz. make/Makefile'da bunun nasıl yapılacağı ile ilgili talimatlar vardır.

Otomatik Kurulum

Google Test ile Visual Studio'da çalışmak mümkün fakat bu gtest'i projemize nasıl dahil etmeliyiz ? Bunun için iki yöntemimiz mevcut olsa da her zaman için en iyi yol manuel olan yoldur.

- Google Test Runner (VS 2015'e kadar desktekler)
    - NuGet Packages ile projeye dahil edilir
- Google Test Adapter (VS 2017 destekler)
    - Araçlar > Uzantılar ve Güncelleştirmeler aracılığıyla
    - NuGet Packages ile projeye dahil edilir

Manuel Kurulum

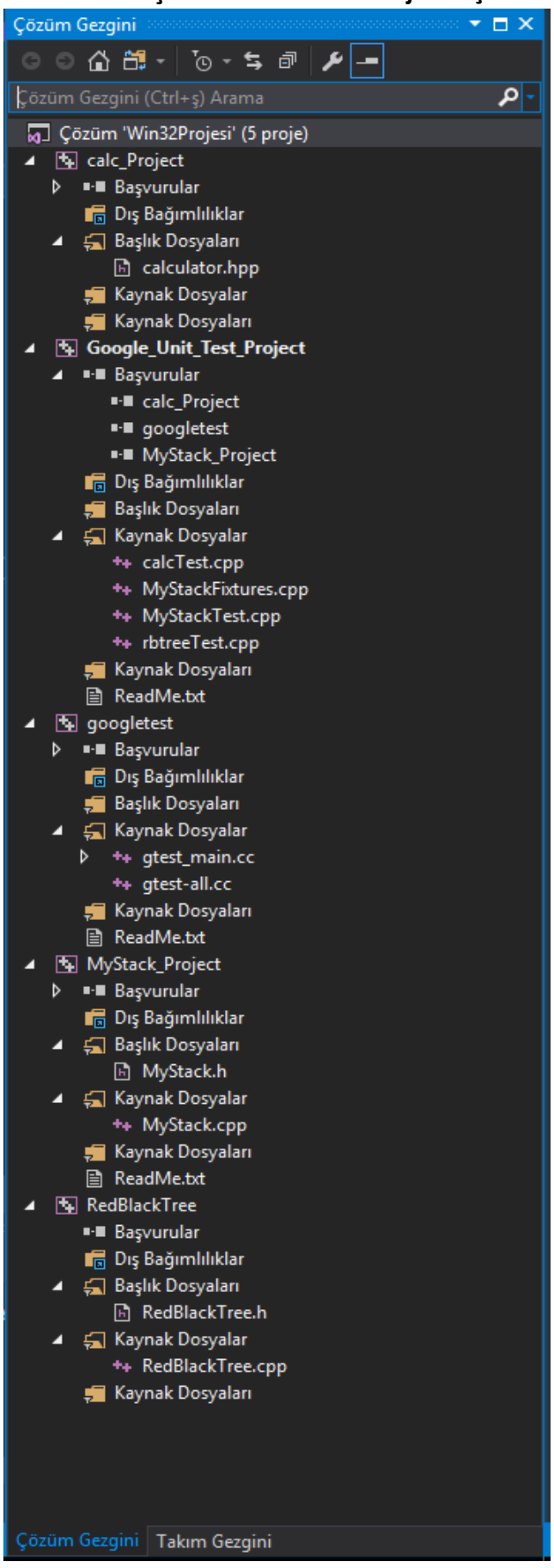
- GitHub aracılığıyla Google Test Framework'ü bilgisayara indiriyoruz
- googletest dosyasını kütüphane olarak derliyoruz. Bunun için VS'da;
    - Dosya>Yeni>Proje>Win32Projesi'ni seçip adına googletest diyoruz.
    - Açılan pencerede 'İleri' diyerek Statik Kütüphane'yi işaretliyoruz.
    - Önceden Derlenmiş Üstbilgi'nin işaretli olma**ma**sına dikkat ederek Son diyoruz.
- Var olan projenize ekleyecekseniz Dosya>Yeni>Proje yerine Çözüm Gezgininde yer alan projenize sağ tıklayarak Yeni>Proje biçiminde ilerlemeniz gerekiyor.
- Oluşan googletest projesine sağ tıklayarak Özellikler(Alt+Enter) penceresini açıyoruz.
    - googletest Özellik Sayfaları altında VC++ Dizinleri içerisinde Ekleme Kodu Dizinleri sekmesine gelerek, C:\Users\kullaniciadi\İndirilenler\googletest-master\googletest ve C:\Users\kullaniciadi\İndirilenler\googletest-master\googletest\include ekliyoruz.
- Çözüm Gezgininde yer alan googletest projesine sağ tıklayıp Ekle>Var Olan Öğe(Shift+Alt+A) C:\Users\kullaniciadi\İndirilenler\googletest-master\googletest\src\ dizini içinden iki dosya ekliyoruz. Bunlar; gtest-all.cc ce gtest_main.cc . Artık googletest projesine sağ tıklayıp Yapılandır diyebiliriz. Sonuç başarılı olacaktır.
- Unit Test projesi oluşturmamız gerekiyor ve bunun için;
    - Çözüm Gezgininde yer alan projemize sağ tıklayıp Yeni>Proje>Win32Projesi'ni seçip adına Google_Unit_Test_Project diyoruz.
    - Açılan pencerede 'İleri' diyerek Konsol Uygulaması'nı işaretliyoruz.
    - Önceden Derlenmiş Üstbilgi'nin işaretli olma**ma**sına dikkat ederek Son diyoruz.
    - stdafx.h – targetver.h ve stdafx.cpp dosyalarını silebiliriz. Projemize bir etkisi yok.
- Google_Unit_Test_Project'e sağ tıklayıp Özellikler(Alt-Enter)'e giderek;
    - Yapılandırma Özellikleri içinde C/C++'ı seçerek Ek İçeren Dizinler kısmına, C:\Users\oguzhanozgur\Desktop\googletest-master\googletest C:\Users\oguzhanozgur\Desktop\googletest-master\googletest\include C:\Users\kullaniciadi\Belgeler\Visual Studio 2017\Projects\Win32Projesi Dizinlerini ekliyoruz.
- Google_Unit_Test_Project'e sağ tıklayıp Ekle > Başvuru'ya tıklıyoruz ve;
    - Projeler > Çözüm içinde yer alan googletest'i işaretliyoruz
    - Var olan projeye eklemişsek veya daha sonra test etmek üzere proje eklemişsek onları da seçerek Tamam diyoruz.

Testler:

- ASSERT_XXX(): Hata oluşan yerde testi durdurur, geri kalan testleri çalıştırmaz
- EXPECT_XXX(): Ölümcül olmayan hatalardır, hatayı gösterir ve teste devam eder

Test	**Fatal**	**NonFatal**
True	ASSERT_TRUE(*condition*)	EXPECT_TRUE(*condition*)
False	ASSERT_FALSE(*condition*)	EXPECT_FALSE(*condition*)
Equal	ASSERT_EQ(*arg1*,*arg2*)	EXPECT_EQ(*arg1*,*arg2*)
Not Equal	ASSERT_NE(*arg1*,*arg2*)	EXPECT_NE(*arg1*,*arg2*)
Less Than	ASSERT_LT(*arg1*,*arg2*)	EXPECT_LT(*arg1*,*arg2*)
Less Than or Equal	ASSERT_LE(*arg1*,*arg2*)	EXPECT_LE(*arg1*,*arg2*)
Greater Than	ASSERT_GT(*arg1*,*arg2*)	EXPECT_GT(*arg1*,*arg2*)
Greater Than or Equal	ASSERT_GE(*arg1*,*arg2*)	EXPECT_GE(*arg1*,*arg2*)
C String Equal	ASSERT_STREQ(*str1*,*str2*)	EXPECT_STREQ(*str1*,*str2*)
C String Not Equal	ASSERT_STRNE(*str1*,*str2*)	EXPECT_STRNE(*str1*,*str2*)
C String Case Equal	ASSERT_STRCASEEQ(*str1*,*str2*)	EXPECT_STRCASEEQ(*str1*,*str2*)
C String Case Not Equal	ASSERT_STRCASENE(*str1*,*str2*)	EXPECT_STRCASENE(*str1*,*str2*)
Verify that exception is thrown	ASSERT_THROW(*statement*,*exception_type*)	EXPECT_THROW(*statement*,*exception_type*)
Verify that exception is thrown	ASSERT_ANY_THROW(*statement*)	EXPECT_ANY_THROW(*statement*)
Verify that exception is NOT thrown	ASSERT_NO_THROW(*statement*)	EXPECT_NO_THROW(*statement*)

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – Çözüm Gezgini



C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – calcProject

calculator.hpp Başlık (Header) Dosyası içeriği

```
#ifndef CALCULATOR_HPP
#define CALCULATOR_HPP

#include <iostream>

namespace math {

enum {
  ADD,
  SUB,
  MUL,
  DIV,
  MOD
};


class calculator
{
public:

    calculator(){};

    double eval(double _val1, double _val2, int _op)
    {

        switch (_op) {
            case ADD:
                return _val1 + _val2;

            case SUB:
                return _val1 - _val2;

            case MUL:
                return _val1 * _val2;

            case DIV:
                if(_val2 != 0)
                    return _val1 / _val2;

            default:
                std::cout << "Unsupported opereation";
        };

    }
};

}

#endif
```

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – Google_Unit_Test_Project

calcTest.cpp Test Kaynak Dosyası içeriği

```
#include "gtest/gtest.h"
#include "calc/calculator.hpp"

class testCalc : public ::testing::Test {
protected:                                      //Gövde, public veya protected olarak
tanımlanmalı, Private olamaz
	void SetUp() {                              // Büyük 'U' ile yazılmalı
	}
	void TearDown() {
	}

	testCalc() {
	}
	~testCalc() {
	}

	math::calculator calc;                                  //add, sub, mul, div
kullanmak için tanımlandı
};

TEST_F(testCalc, PositifToplamTest)
{
	EXPECT_EQ(8, calc.eval(3, 5, math::ADD));
	EXPECT_EQ(-2, calc.eval(3, 5, math::SUB));
	EXPECT_EQ(15, calc.eval(3, 5, math::MUL));
	EXPECT_EQ(0.6, calc.eval(3, 5, math::DIV));
}

TEST_F(testCalc, NegatifToplamTest)
{
	EXPECT_EQ(-8, calc.eval(-3, -5, math::ADD));
	EXPECT_EQ(2, calc.eval(-3, -5, math::SUB));
	EXPECT_EQ(15, calc.eval(-3, -5, math::MUL));
	EXPECT_EQ(0.6, calc.eval(-3, -5, math::DIV));
}
```

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – Google_Unit_Test_Project

MyStackFixtures.cpp Test Kaynak Dosyası içeriği

```
#include "gtest\gtest.h"
#include "Win32Project2\MyStack.h"

class FooTest : public ::testing::Test {
protected:                                          //Gövde, public veya protected olmalı
	void SetUp() {                                  // Büyük 'U' ile yazılmalı
		st.push(34);
		st.push(26);
		st.push(54);
	}
	void TearDown() {
	}
	FooTest() {
		st.push(22);
	}
	~FooTest() {
	}
	MyStack st;
};

//Text with Fixture
TEST_F(FooTest, fixtureTest) {                      //ilk argüman mutlaka sınıf adı olmalı
                                                    //Örneği kurmalıyız FooTest m; m.SetUp()
	int val = st.pop();        //text fixture üyelerine artık buradan erişilebilir
	EXPECT_EQ(54, val);
	EXPECT_EQ(54, val) << "Bu değer 56 olmalı";
	EXPECT_EQ(54, val) << "Bu değer farklı olamaz" << val;
	//m.TearDown();
}

//Text with Fixture
TEST_F(FooTest, fixtureTest2) {
	int val = st.pop();
	EXPECT_EQ(54, val);
	//m.TearDown();
}
```

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – Google_Unit_Test_Project

MyStackTest.cpp Test Kaynak Dosyası içeriği

```
#include "gtest\gtest.h"
#include "Win32Project2\MyStack.h"

class StackTest : public ::testing::Test {
protected:          //Gövde, public veya protected olarak tanımlanmalı, Private olamaz
	void SetUp() {      // Büyük 'U' ile yazılmalı
	}
	void TearDown() {
	}

	StackTest() {
	}
	~StackTest() {
	}
	MyStack st;
};

TEST_F(StackTest, simpleTest) {   //test durumunun adı "StackTest" ve SimpleTest ile
diğer testlerimiz (raporda da görebileceğimiz gibi) bu durumun içinde yer alır.
	st.push(9);   //9 değerini stack'e gönderiyoruz
	EXPECT_EQ(9, st.pop());
}

TEST_F(StackTest, messageTest) {
	st.push(28);        //28 değerlerini stack'e gönderiyoruz
	int val = st.pop(); //stack'e gönderilen son değeri val değişkenine çekiyoruz

	EXPECT_TRUE(val == 28) << "Tester Mesaji";
//val değişkeni verilen değere eşit mi testi & ekrana yazdırılan düzenlenebilir mesaj
//EXPECT_TRUE(val != 28) << "Tester Mesaji";
}

TEST_F(StackTest, nonfatalTest) {
	st.push(9);
	st.push(28);        // sırayla 9 ve 28 değerlerini stack'e gönderiyoruz
	int val = st.pop(); //stack'e gönderilen son değeri val değişkenine çekiyoruz

	//Ölümcül Olmayan-Nonfatal assertion
	EXPECT_EQ(28, val); //val değişkeni verilen değere eşit mi testi
	EXPECT_NE(0, val);  //değişkenin 0'a eşit olmadığının testi
	EXPECT_GT(29, val); //verilen değerin val değişkeninden daha büyük olduğunun testi
	EXPECT_LE(27, val); //verilen değerin val değişkeninden daha küçük olduğunun testi
	EXPECT_TRUE(val == 28);
	EXPECT_EQ(1, st.size());//stack içine gönderilen değer adeti testi
}
TEST_F(StackTest, fatalTest) {
	st.push(9);
	st.push(28);  // sırayla 9 ve 28 değerlerini stack'e gönderiyoruz
	int val = st.pop(); //stack'e gönderilen son değeri val değişkenine çekiyoruz

	//Ölümcül-Fatal assertion
	ASSERT_EQ(28, val); //val değişkeni verilen değere eşit mi ? testi
	ASSERT_NE(0, val);  //0'a eşit olmadığının testi
	ASSERT_GT(29, val); //verilen değerin val değişkeninden daha büyük olduğunun testi
	ASSERT_LE(27, val); //verilen değerin val değişkeninden daha küçük olduğunun testi
	ASSERT_TRUE(val == 28);
}
```

```
TEST_F(StackTest, stringTest) {
	st.push(9);
	st.push(28);		// sırayla 9 ve 28 değerlerini val stack'e gönderiyoruz
	int val = st.pop();  //stack'e gönderilen son değeri val değişkenine çekiyoruz

	//String Check (String Kontrolü)
	EXPECT_STREQ("9 ", st.toString().c_str());
	EXPECT_STRCASEEQ("9 ", st.toString().c_str()); //Durumu göz ardı ederek
}

TEST_F(StackTest, floatTest) {
	st.push(9);
	st.push(28);		//sırayla 9 ve 28 değerlerini val stack'e gönderiyoruz
	int val = st.pop(); //stack'e gönderilen son değeri val değişkenine çekiyoruz

	//Floatin-point Comparison (Floating-point Karşılaştırması)
	float x, y; //if (x==y)
	EXPECT_FLOAT_EQ(7.00000, ((float)val) / 4);
	EXPECT_NEAR(6.0, ((float)val) / 5, 1);
}

TEST_F(StackTest, doubleTest) {
//	MyStack st;
	st.push(9);
	st.push(28);		//sırayla 9 ve 28 değerlerini val stack'e gönderiyoruz
	int val = st.pop();  //stack'e gönderilen son değeri val değişkenine çekiyoruz

	//Floatin-point Comparison (Floating-point Karşılaştırması)
	float x, y; //if (x==y)
	EXPECT_DOUBLE_EQ(7.0000000000000, ((double)val) / 4);
	EXPECT_NEAR(6.0, ((float)val) / 5, 1);
}
```

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – Google_Unit_Test_Project

redblackTest.cpp Test Kaynak Dosyası içeriği

```
#include "gtest/gtest.h"
#include "RedBlackTree\RedBlackTree.h"

class redblackTest : public ::testing::Test {
protected:          //Gövde, public veya protected olarak tanımlanmalı, Private olamaz
	void SetUp() {// Büyük 'U' ile yazılmalı
	}
	void TearDown() {
	}
	redblackTest() {
	}
	~redblackTest() {
	}
	RBtree obj;   //insert, search, del ve size kullanmak için tanımlandı
};

TEST_F(redblackTest, searchTest)
{
	obj.insert(6);
	obj.insert(7);
	obj.insert(9);
	EXPECT_EQ(true, obj.search(6));
	EXPECT_EQ(false, obj.search(5)) << "Agacta 7 degeri bulunmakta";
}

TEST_F(redblackTest, insertTest1)
{
	EXPECT_EQ(true, obj.insert(6));
}

TEST_F(redblackTest, insertTest2)
{
	obj.insert(6);
	obj.insert(7);
	EXPECT_EQ(2, obj.size());
}

TEST_F(redblackTest, delTest1)
{
	obj.insert(6);
	obj.insert(7);
	EXPECT_EQ(true, obj.del(7));
}

TEST_F(redblackTest, delTest2)
{
	obj.insert(6);
	obj.insert(7);
	obj.insert(8);
	obj.del(6);
	EXPECT_EQ(2, obj.size());
}
```

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – MyStack_Project

MyStack.h Başlık (Header) Dosyası içeriği

```
#pragma once

#include <vector>

class MyStack
{
	std::vector<int> _v;
public:
	MyStack(void){}
	~MyStack(void){}
	void push(int);
	int pop();
	size_t size();
	std::string toString();
};
```

MyStack.cpp Kaynak Dosyası içeriği

```
#include "MyStack.h"
#include <sstream>

void MyStack::push(int data) {
	this->_v.push_back(data);
}

int MyStack::pop() {
	int ret = _v.back();
	_v.pop_back();
	return ret;
}

size_t MyStack::size()
{
	return _v.size();
}

std::string MyStack::toString() {
	std::string ret = "";
	std::stringstream sm;
	for (size_t i=0; i < _v.size(); i++) {
		sm << _v[i] << " ";
	}
	return sm.str();
}
```

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi – Win32Projesi – RedBlackTree_Project

RedBlackTree.cpp Kaynak Dosyası içeriği

```
#include <iostream>

using namespace std;

struct node
{
	int key;
	node *parent;
	char color;
	node *left;
	node *right;
};
class RBtree
{
	node *root;
	node *q;
public:
	RBtree()
	{
		q = NULL;
		root = NULL;
	}
	void insert();
	void insertfix(node *);
	void leftrotate(node *);
	void rightrotate(node *);
	void del();
	node* successor(node *);
	void delfix(node *);
	void disp();
	void display(node *);
	void search();
};
void RBtree::insert()
{
	int z, i = 0;
	cout << "\nEnter key of the node to be inserted: ";
	cin >> z;
	node *p, *q;
	node *t = new node;
	t->key = z;
	t->left = NULL;
	t->right = NULL;
	t->color = 'r';
	p = root;
	q = NULL;
	if (root == NULL)
	{
		root = t;
		t->parent = NULL;
	}
	else
	{
		while (p != NULL)
		{
			q = p;
			if (p->key<t->key)
```

```
                        p = p->right;
                else
                        p = p->left;
        }
        t->parent = q;
        if (q->key<t->key)
                q->right = t;
        else
                q->left = t;
    }
    insertfix(t);
}
void RBtree::insertfix(node *t)
{
    node *u;
    if (root == t)
    {
        t->color = 'b';
        return;
    }
    while (t->parent != NULL&&t->parent->color == 'r')
    {
        node *g = t->parent->parent;
        if (g->left == t->parent)
        {
            if (g->right != NULL)
            {
                u = g->right;
                if (u->color == 'r')
                {
                    t->parent->color = 'b';
                    u->color = 'b';
                    g->color = 'r';
                    t = g;
                }
            }
            else
            {
                if (t->parent->right == t)
                {
                    t = t->parent;
                    leftrotate(t);
                }
                t->parent->color = 'b';
                g->color = 'r';
                rightrotate(g);
            }
        }
        else
        {
            if (g->left != NULL)
            {
                u = g->left;
                if (u->color == 'r')
                {
                    t->parent->color = 'b';
                    u->color = 'b';
                    g->color = 'r';
                    t = g;
                }
            }
            else
```

```
                {
                        if (t->parent->left == t)
                        {
                                t = t->parent;
                                rightrotate(t);
                        }
                        t->parent->color = 'b';
                        g->color = 'r';
                        leftrotate(g);
                }
        }
        root->color = 'b';
    }
}

void RBtree::del()
{
    if (root == NULL)
    {
        cout << "\nEmpty Tree.";
        return;
    }
    int x;
    cout << "\nEnter the key of the node to be deleted: ";
    cin >> x;
    node *p;
    p = root;
    node *y = NULL;
    node *q = NULL;
    int found = 0;
    while (p != NULL&&found == 0)
    {
        if (p->key == x)
            found = 1;
        if (found == 0)
        {
            if (p->key<x)
                p = p->right;
            else
                p = p->left;
        }
    }
    if (found == 0)
    {
        cout << "\nElement Not Found.";
        return;
    }
    else
    {
        cout << "\nDeleted Element: " << p->key;
        cout << "\nColour: ";
        if (p->color == 'b')
            cout << "Black\n";
        else
            cout << "Red\n";

        if (p->parent != NULL)
            cout << "\nParent: " << p->parent->key;
        else
            cout << "\nThere is no parent of the node.  ";
        if (p->right != NULL)
            cout << "\nRight Child: " << p->right->key;
```

```
		else
			cout << "\nThere is no right child of the node.  ";
		if (p->left != NULL)
			cout << "\nLeft Child: " << p->left->key;
		else
			cout << "\nThere is no left child of the node.  ";
		cout << "\nNode Deleted.";
		if (p->left == NULL || p->right == NULL)
			y = p;
		else
			y = successor(p);
		if (y->left != NULL)
			q = y->left;
		else
		{
			if (y->right != NULL)
				q = y->right;
			else
				q = NULL;
		}
		if (q != NULL)
			q->parent = y->parent;
		if (y->parent == NULL)
			root = q;
		else
		{
			if (y == y->parent->left)
				y->parent->left = q;
			else
				y->parent->right = q;
		}
		if (y != p)
		{
			p->color = y->color;
			p->key = y->key;
		}
		if (y->color == 'b')
			delfix(q);
	}
}

void RBtree::delfix(node *p)
{
	node *s;
	while (p != root&&p->color == 'b')
	{
		if (p->parent->left == p)
		{
			s = p->parent->right;
			if (s->color == 'r')
			{
				s->color = 'b';
				p->parent->color = 'r';
				leftrotate(p->parent);
				s = p->parent->right;
			}
			if (s->right->color == 'b'&&s->left->color == 'b')
			{
				s->color = 'r';
				p = p->parent;
			}
			else
```

```
                {
                        if (s->right->color == 'b')
                        {
                                s->left->color == 'b';
                                s->color = 'r';
                                rightrotate(s);
                                s = p->parent->right;
                        }
                        s->color = p->parent->color;
                        p->parent->color = 'b';
                        s->right->color = 'b';
                        leftrotate(p->parent);
                        p = root;
                }
        }
        else
        {
                s = p->parent->left;
                if (s->color == 'r')
                {
                        s->color = 'b';
                        p->parent->color = 'r';
                        rightrotate(p->parent);
                        s = p->parent->left;
                }
                if (s->left->color == 'b'&&s->right->color == 'b')
                {
                        s->color = 'r';
                        p = p->parent;
                }
                else
                {
                        if (s->left->color == 'b')
                        {
                                s->right->color = 'b';
                                s->color = 'r';
                                leftrotate(s);
                                s = p->parent->left;
                        }
                        s->color = p->parent->color;
                        p->parent->color = 'b';
                        s->left->color = 'b';
                        rightrotate(p->parent);
                        p = root;
                }
        }
        p->color = 'b';
        root->color = 'b';
    }
}

void RBtree::leftrotate(node *p)
{
    if (p->right == NULL)
        return;
    else
    {
        node *y = p->right;
        if (y->left != NULL)
        {
                p->right = y->left;
                y->left->parent = p;
```

```
                }
                else
                        p->right = NULL;
                if (p->parent != NULL)
                        y->parent = p->parent;
                if (p->parent == NULL)
                        root = y;
                else
                {
                        if (p == p->parent->left)
                                p->parent->left = y;
                        else
                                p->parent->right = y;
                }
                y->left = p;
                p->parent = y;
        }
}
void RBtree::rightrotate(node *p)
{
        if (p->left == NULL)
                return;
        else
        {
                node *y = p->left;
                if (y->right != NULL)
                {
                        p->left = y->right;
                        y->right->parent = p;
                }
                else
                        p->left = NULL;
                if (p->parent != NULL)
                        y->parent = p->parent;
                if (p->parent == NULL)
                        root = y;
                else
                {
                        if (p == p->parent->left)
                                p->parent->left = y;
                        else
                                p->parent->right = y;
                }
                y->right = p;
                p->parent = y;
        }
}

node* RBtree::successor(node *p)
{
        node *y = NULL;
        if (p->left != NULL)
        {
                y = p->left;
                while (y->right != NULL)
                        y = y->right;
        }
        else
        {
                y = p->right;
                while (y->left != NULL)
                        y = y->left;
```

```
        }
        return y;
}

void RBtree::disp()
{
        display(root);
}
void RBtree::display(node *p)
{
        if (root == NULL)
        {
                cout << "\nEmpty Tree.";
                return;
        }
        if (p != NULL)
        {
                cout << "\n\t NODE: ";
                cout << "\n Key: " << p->key;
                cout << "\n Colour: ";
                if (p->color == 'b')
                        cout << "Black";
                else
                        cout << "Red";
                if (p->parent != NULL)
                        cout << "\n Parent: " << p->parent->key;
                else
                        cout << "\n There is no parent of the node.  ";
                if (p->right != NULL)
                        cout << "\n Right Child: " << p->right->key;
                else
                        cout << "\n There is no right child of the node.  ";
                if (p->left != NULL)
                        cout << "\n Left Child: " << p->left->key;
                else
                        cout << "\n There is no left child of the node.  ";
                cout << endl;
                if (p->left)
                {
                        cout << "\n\nLeft:\n";
                        display(p->left);
                }
                /*else
                cout<<"\nNo Left Child.\n";*/
                if (p->right)
                {
                        cout << "\n\nRight:\n";
                        display(p->right);
                }
                /*else
                cout<<"\nNo Right Child.\n"*/
        }
}
void RBtree::search()
{
        if (root == NULL)
        {
                cout << "\nEmpty Tree\n";
                return;
        }
        int x;
        cout << "\n Enter key of the node to be searched: ";
```

```
        cin >> x;
        node *p = root;
        int found = 0;
        while (p != NULL&& found == 0)
        {
                if (p->key == x)
                        found = 1;
                if (found == 0)
                {
                        if (p->key<x)
                                p = p->right;
                        else
                                p = p->left;
                }
        }
        if (found == 0)
                cout << "\nElement Not Found.";
        else
        {
                cout << "\n\t FOUND NODE: ";
                cout << "\n Key: " << p->key;
                cout << "\n Colour: ";
                if (p->color == 'b')
                        cout << "Black";
                else
                        cout << "Red";
                if (p->parent != NULL)
                        cout << "\n Parent: " << p->parent->key;
                else
                        cout << "\n There is no parent of the node.  ";
                if (p->right != NULL)
                        cout << "\n Right Child: " << p->right->key;
                else
                        cout << "\n There is no right child of the node.  ";
                if (p->left != NULL)
                        cout << "\n Left Child: " << p->left->key;
                else
                        cout << "\n There is no left child of the node.  ";
                cout << endl;

        }
}
int main()
{
        int ch, y = 0;
        RBtree obj;
        do
        {
                cout << "\n\t RED BLACK TREE ";
                cout << "\n 1. Insert in the tree ";
                cout << "\n 2. Delete a node from the tree";
                cout << "\n 3. Search for an element in the tree";
                cout << "\n 4. Display the tree ";
                cout << "\n 5. Exit ";
                cout << "\nEnter Your Choice: ";
                cin >> ch;
                switch (ch)
                {
                case 1: obj.insert();
                        cout << "\nNode Inserted.\n";
                        break;
                case 2: obj.del();
```

```
                break;
            case 3: obj.search();
                break;
            case 4: obj.disp();
                break;
            case 5: y = 1;
                break;
            default: cout << "\nEnter a Valid Choice.";
            }
            cout << endl;

        } while (y != 1);
        return 1;
}
```

C++ Yazılım Testi Gerçeklemesi

Win32Projesi

Yapılandırma Çıkış verileri içeriği

```
1>------ Derleme başladı: Proje: MyStack_Project, Yapılandırma: Debug Win32 ------
2>------ Derleme başladı: Proje: calc_Project, Yapılandırma: Debug Win32 ------
1>C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual
Studio\2017\Community\Common7\IDE\VC\VCTargets\Microsoft.CppBuild.targets(387,5): warning
MSB8028: Ara dizin (Debug\) başka bir projeden (Win32Project2.vcxproj) paylaşılan dosyalar
içeriyor. Bu, hatalı temizleme ve yeniden oluşturma davranışına neden olabilir.
2>C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual
Studio\2017\Community\Common7\IDE\VC\VCTargets\Microsoft.CppBuild.targets(387,5): warning
MSB8028: Ara dizin (Debug\) başka bir projeden (calc.vcxproj) paylaşılan dosyalar içeriyor.
Bu, hatalı temizleme ve yeniden oluşturma davranışına neden olabilir.
1>Win32Project2.vcxproj -> C:\Users\oguzhanozgur\documents\visual studio
2017\Projects\Win32Project2\Debug\MyStack_Project.lib
2>"calc.vcxproj" projesini oluşturma tamamlandı.
1>"Win32Project2.vcxproj" projesini oluşturma tamamlandı.
3>------ Derleme başladı: Proje: RedBlackTree_Project, Yapılandırma: Debug Win32 ------
3>C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual
Studio\2017\Community\Common7\IDE\VC\VCTargets\Microsoft.CppBuild.targets(387,5): warning
MSB8028: Ara dizin (Debug\) başka bir projeden (RedBlackTree.vcxproj) paylaşılan dosyalar
içeriyor. Bu, hatalı temizleme ve yeniden oluşturma davranışına neden olabilir.
3>Atlanıyor... (ilgili hiçbir değişiklik algılanmadı)
3>RedBlackTree.cpp
3>RedBlackTree.vcxproj -> C:\Users\oguzhanozgur\documents\visual studio
2017\Projects\Win32Project2\Debug\RedBlackTree_Project.exe
3>RedBlackTree.vcxproj -> C:\Users\oguzhanozgur\documents\visual studio
2017\Projects\Win32Project2\Debug\RedBlackTree_Project.pdb (Partial PDB)
3>"RedBlackTree.vcxproj" projesini oluşturma tamamlandı.
========== Oluşturma: 3 başarılı, 0 başarısız, 2 güncel, 0 atlandı ==========
```

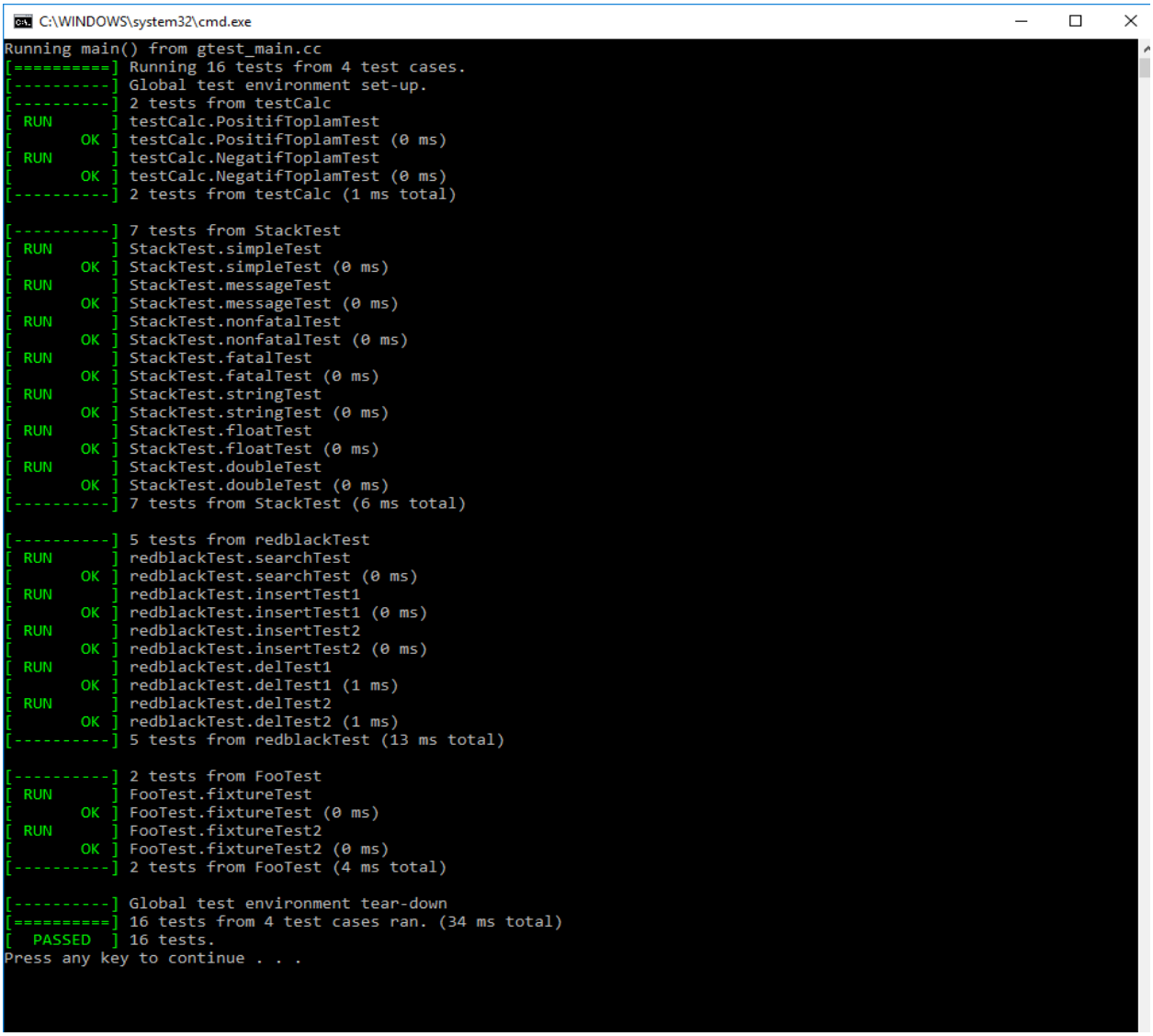
Google_Unit_Test_Project

Yapılandırma Çıkış verileri içeriği

```
1>------ Derleme başladı: Proje: MyStack_Project, Yapılandırma: Debug Win32 ------
2>------ Derleme başladı: Proje: calc_Project, Yapılandırma: Debug Win32 ------
2>C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual
Studio\2017\Community\Common7\IDE\VC\VCTargets\Microsoft.CppBuild.targets(387,5): warning
MSB8028: Ara dizin (Debug\) başka bir projeden (calc.vcxproj) paylaşılan dosyalar içeriyor.
Bu, hatalı temizleme ve yeniden oluşturma davranışına neden olabilir.
2>"calc.vcxproj" projesini oluşturma tamamlandı.
1>C:\Program Files (x86)\Microsoft Visual
Studio\2017\Community\Common7\IDE\VC\VCTargets\Microsoft.CppBuild.targets(387,5): warning
MSB8028: Ara dizin (Debug\) başka bir projeden (Win32Project2.vcxproj) paylaşılan dosyalar
içeriyor. Bu, hatalı temizleme ve yeniden oluşturma davranışına neden olabilir.
1>Win32Project2.vcxproj -> C:\Users\oguzhanozgur\documents\visual studio
2017\Projects\Win32Project2\Debug\MyStack_Project.lib
1>"Win32Project2.vcxproj" projesini oluşturma tamamlandı.
========== Oluşturma: 2 başarılı, 0 başarısız, 2 güncel, 0 atlandı ==========
```

Google_Unit_Test_Project

Gtest Terminal Raporu içeriği



KAYNAKÇA

1. https://www.ibm.com/developerworks/aix/library/au-googletestingframework.html
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Test
3. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_unit_testing_frameworks#C.2B.2B
4. https://www.slideshare.net/andreafrancia/google-c-testing-framework-in-visual-studio-2008
5. https://www.slideshare.net/hmarchezi/c-unit-test-with-google-testing-framework
6. https://www.slideshare.net/AbnerChihYiHuang/googletestframeworkpublic-140708010931phpapp01
7. https://www.slideshare.net/BunnyStupid/test-driven-development-and-unit-testing-with-examples-in-c
8. http://stackoverflow.com/questions/2565299/using-assert-and-expect-in-googletest
9. https://github.com/google/googletest/blob/master/googletest/docs/AdvancedGuide.md
10. https://github.com/google/googletest
11. http://www.coders-hub.com/2015/07/red-black-tree-rb-tree-using-c.html
12. boqian.weebly.com/c-programming.html