Temel Seviye Uzmanı

CTFL® Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı (CTFL®-AuT) Müfredatı

Sürüm 2018 (2.0.2) 4 Temmuz 2018

International Software Testing Qualifications Board

Copyright Notice

This document may be copied in its entirety, or extracts made,
if the source is acknowledged.

Copyright © International Software Testing Qualifications Board (hereinafter called ISTQB®).

Yazılım Test ve Kalite Derneği | www.turkishtestingboard.org | info@turkishtestingboard.org
Tel: +90 212 276 06 48 | Faks: +90 212 276 06 47

Telif Hakkı Bildirimi © 2017, German Testing Board e.V. (GTB)

Yazarlar ve German Testing Board aşağıdaki kullanım koşullarını kabul etmiştir:

- Her birey ve eğitim sağlayıcısı, telif hakkı sahiplerinin kaynak ve telif hakkı sahibi olarak kabul edilmesi ve belirtilmesi koşuluyla müfredatı eğitim için bir temel olarak kullanabilir. Ayrıca, müfredat yalnızca ISTQB® üye kurulu tarafından akredite edildikten sonra pazarlama amacıyla kullanılabilir.
- Her birey veya birey grubu, yazarların ve German Testing Board'un kaynak ve telif hakkı sahibi olarak belirtilmesi koşuluyla müfredatı makaleler, kitaplar veya diğer türetilmiş yayınlar için temel olarak kullanabilir.
- Çalışma, tüm parçaları dahil olmak üzere telif hakkı korumalıdır. Alman telif hakkı yasası (UrhG) tarafından açıkça izin verilmiyorsa, verilmediği takdirde, kullanıma yalnızca yetkili kişilerin onayı ile izin verilir. Bu özellikle kopyalar, uyarlamalar, çeviriler, mikrofilm, elektronik sistemlerde kaydetme ve işleme, kamuya açık hale getirme için geçerlidir.

Tescilli Ticari Markalar

- CTFL® sadece AB'de German Testing Board (GTB) e.V.'nin tescilli ticari markasıdır.
- GTB® German Testing Board (GTB) e.V.'nin yalnızca AB'de tescilli ticari markasıdır.
- ISTQB® Uluslararası Yazılım Test Yeterlilikleri Kurulu'nun tescilli ticari markasıdır.
- Automotive SPICE® Alman Otomotiv Endüstrisi Birliği'nin (VDA) tescilli ticari markasıdır.

Feragatname ve Sorumluluk Sınırlaması Bildirimi

Bu bilgilerin teknik olarak doğru veya yeterli olduğuna ya da herhangi bir yasa, hükümet kuralı veya düzenlemesine uygun olduğuna dair herhangi bir beyan veya garanti verilmez; ayrıca ticari olarak satılabilirlik veya belirli bir amaca uygunluk ya da fikri mülkiyet haklarının ihlaline karşı hiçbir beyan veya garanti verilmez. Mülkiyet haklarına tecavüz etmeme konularında herhangi bir beyan veya garanti verilmez. ISTQB® veya GTB® hiçbir koşulda kar kaybı veya diğer dolaylı ya da arızi zararlardan sorumlu tutulamaz. ISTQB® ve GTB, bu belgede sağlanan bilgilere dair herhangi bir kullanım veya güvenin tamamen kullanıcının sorumluluğunda olduğunu açıkça belirtir. Ürünlere veya satıcılara ilişkin hiçbir öneri yapılmaz veya ima edilemez. Ürünler veya satıcılar hakkında herhangi bir tavsiye verilmez ve ima edilmemelidir.

Revizyon Geçmişi

Versiyon	Tarih:	Notlar
1.0	19.01.2011	Yazar: Dr. Hendrik Dettmering, gasq GmbH'nin talebi üzerine geliştirilmiştir Telif hakkı tamamen Alman Test Kurulu e.V.'ye devredilmiştir.
1.1	14.06.2015	İçeriğin İncelenmesi ve Alman ISTQB® Certified Tester Foundation Level müfredatı 2011 V1.0.1 ve ISTQB® Sözlüğü V2.2 ile Karşılaştırılması GTB çalışma grubu toplantısı (15.03.2015, Münih) tarafından yayımlanmıştır.
2.0	31.03.2017	Öğrenme hedefleri ve içeriği V.1.1 temelinde. Alman ilgili baskının GTB Çalışma Grubu toplantısı tarafından yayımlanması (31.03.2017, Frankfurt a. M.).
2.0.1 (İngilizce Baskı)	30.06.2017	Anahtar terimlerde yalnızca küçük değişiklikler; Mart 2017'de yapılan ilk dahili alfa incelemesinden sonra uluslararası değerlendiricilerin bulgularına (esas olarak ifadeler) göre yeniden düzenlenmiştir (bkz. teşekkürler). İlgili İngilizce referanslar eklenmiştir (bkz. referanslar).
2.0.1 (İngilizce Baskı)	13.08.2017	ISTQB® WG Sözlük ile yapılan tartışmadan sonra terimlerde ince ayar yapılmıştır; Temmuz 2017'deki ikinci dahili alfa incelemesinden sonra uluslararası değerlendiricilerin bulgularına (esas olarak ifadeler) göre yeniden düzenlenmiştir (bkz. teşekkürler).
2.0.1 (İngilizce Baskı)	20.08.2017	ISTQB® WG Sözlük ile yapılan bir diğer tartışmadan sonra terimde ince ayar yapılmıştır; son değerlendiricinin bulguları entegre edilmiştir.
2.0.1 (İngilizce Baskı)	15.09.2017	GTB çalışma grubu toplantısında (Münih) değerlendiriciden alınan bulgular entegre edilmiştir.
2.0.1 (İngilizce Baskı)	16.09.2017	Bölüm 3.2.2'nin yeniden düzenlenmesi.
2.0.1 (İngilizce Baskı)	22.09.2017	GA BETA TASLAK Baskısı için Son Düzenlemeler.
2.0.2 (İngilizce Baskı)	28.05.2018	BETA İncelemesinden ve GA Yayını için Son Düzenlemeler.
2.0.2 (İngilizce Baskı)	04.07.2018	GA onayı sonrasında su işareti kaldırılmış ve ISTQB® yayınları için ticari marka kısıtlaması eklenmiştir.

Teşekkür

ISTQB® Sertifikalı Test Uzmanı Temel Seviye Otomotiv Yazılım Testi Ders Programının Türkçeleştirme çalışmasına katkıda bulunan Yazılım Test ve Kalite Derneği çeviri çalışma grubu üyelerine burada tekrar teşekkür etmek isteriz. Çalışma grubu üyeleri (alfabetik sıraya göre):

- Ali Nurettin Demir
- Deniz Onat
- Eda Civar
- Efe Torun
- Esma Aslan
- Esra Karaarslan
- Furkan Dinçer
- Hicret Gazioğlu
- Kadir Tepecik
- L. Koray Yitmen
- Meltem Aydaş
- Meltem Bayrak
- Özlemnur Bayram Dönmez
- Salih Topal
- Şermin Eldek
- Yazılım Test ve Kalite Derneği, Ağustos 2025

Yazılım Test ve Kalite Derneği Hakkında

(Turkish Testing Board – www.turkishtestingboard.org)

Yazılım Test ve Kalite Derneği, 2006 yılından bu yana Türkiye bilişim sektöründe yazılım testi farkındalığının artması ve gelişmesi için kâr amacı gütmeden gönüllü bir şekilde aşağıdaki faaliyetleri gerçekleştirmektedir:

Uluslararası Sertifikasyon Sınavları

Dernek uluslararası ISTQB® sertifika sınavlarını gerçekleştirerek sınavlarda başarılı olan katılımcılara uluslararası geçerliliği olan sertifikalar vermektedir. 2006 yılından bu yana 7.000'den fazla test uzmanı adayı derneğe başvurarak sertifika sınavlarına girmiştir. Dernek bünyesinde düzenlenmekte olan sertifika sınavları:

- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Temel Seviye Yazılım Test Uzmanı Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Temel Seviye Çevik Test Uzmanı Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı İleri Seviye – Test Analisti Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı İleri Seviye – Teknik Test Analisti Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı İleri Seviye – Test Yönetimi Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı İleri Seviye – Test Otomasyon Mühendisliği Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Performans Testi Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Yapay Zeka Testi Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Mobil Uygulama Testi Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Otomotiv Yazılımı Testi Sınavı
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Oyun Testi Sınavı

Uluslararası TestIstanbul Konferansları – www.testistanbul.org

Dernek, 2010 yılından bu yana Uluslararası TestIstanbul Konferanslarını düzenlemektedir. Geçtiğimiz 15 konferansta 50'den fazla ülkeden, 70'den fazla konuşmacı ve 7.000'den fazla katılımcı ağırlanmıştır.

Paneller

Dernek, yazılım test sektörünün gelişimi için sektör veya konu bazlı paneller organize etmektedir. Bu panellere şu ana kadar 1.000'den fazla profesyonel katılım göstermiştir. Şimdiye kadar düzenlenen paneller:

- TestFintech,
- TestDefence,
- TestGames,
- TestInsurance,
- TestAnkara,
- TestİzmIr,
- Test Finance

Turkey Software Quality Report (TSQR)

Dernek tarafından 2011 yılından itibaren yüzlerce bilişim profesyoneli ve akademisyeninin katılımıyla her yıl düzenlenen anket sonuçlarının değerlendirilmesiyle hazırlanan, Türkiye bilişim sektörüne yön verir nitelikte çıkarımların olduğu rapordur. İngilizce yayınlanan rapor tüm ISTQB® üye dernekleri aracılığıyla 100'den fazla ülkedeki bilişim profesyoneline ulaşmaktadır.

ISTQB® Worldwide Software Testing Practices Report (WSTPR)

ISTQB® tarafından 100'den fazla ülkeden binlerce bilişim profesyoneli ve akademisyeninin katılımıyla düzenlenen anket sonuçlarının değerlendirilmesiyle hazırlanan, dünya bilişim sektörüne yön verir nitelikte çıkarımların olduğu rapordur.

Türkçeleştirme Çalışmaları

Uluslararası yazılım test terminolojisinin ülkemize kazandırılması için dernek bünyesinde yer alan gönüllü çeviri grubu ISTQB® dokümanlarının çevirisi üzerinde çalışmaktadır. Şu ana kadar çevrilen dokümanlar:

- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Temel Seviye Yazılım Test Uzmanı Ders Programı v4.0
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Temel Seviye Yazılım Test Uzmanı Örnek Sınav A v4.0
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Temel Seviye Yazılım Test Uzmanı Örnek Sınav B v4.0
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Temel Seviye Yazılım Test Uzmanı Ders Programı 2018
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Temel Seviye Yazılım Test Uzmanı Ders Programı 2011
- ISTQB® Yazılım Testi Terimler Sözlüğü
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı İleri Seviye – Test Analisti Ders Programı 2012
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Mobil Uygulama Testi Ders Programı 2019
- ISTQB® Uluslararası Sertifikalı Yapay Zekâ Testi Ders Programı 2021
- Bir Ejderhadan Yazılım Test Dersi • Çevik Bir Dünyada TMMi®
- TMMi® Genel Broşürü • TMMi® Lightning Scan Tool dokümanı
- TMMi® Kariyer Yolu Broşürü

Burslar

Dernek her yıl karından belli bir miktarı T.C. Üniversitelerinin Bilgisayar/Yazılım Mühendisliği ve Bilgisayar Programcılığı, Yönetim Bilişim Sistemleri ve bununla alakalı bölümlerinde okumakta olan başarılı ve ihtiyaç sahibi öğrencilere burs olarak aktarmaktadır. 2025 yılı itibariyle burs sağlanan toplam bursiyer sayısı 100'ü geçmiştir.

İçindekiler

Değişimlere Genel Bakış....3
Teşekkür....9
Dokümanın Tarihi....10
Giriş....11
Dokümanın Amacı....11
ISTQB® CTFL®-Uzman: Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı....11
İş Değeri....12
Öğrenme hedefleri/Bilişsel bilgi düzeyleri....12
Terimler....12
Sınav....13
Akreditasyon....13
Detay seviyesi....13
Müfredatın Yapısı....14
Cinsiyet ayrımı gözetmeyen ifadeler....14
1 Giriş (K2) [30 Dk]....15
1.1 Farklı proje hedeflerinden ve artan ürün karmaşıklığından kaynaklanan gereksinimler (K2) [15 Dk]....15
1.2 Standartlardan Etkilenen Proje Unsurları(K1) [5 Dk]....16
1.3 Sistem yaşam döngüsündeki altı genel aşama (K1) [5 Dk]....16
1.4 Test uzmanının sürüm sürecindeki katkısı/katılımı (K1) [5 Dk]....17
2 E/E sistemlerinin test edilmesine yönelik standartlar (K3) [300 Dk]....18
2.1 Otomotiv SPICE (ASPICE) (K3) [140 Dk]....19
2.1.1 Standartın tasarımı ve yapısı (K2) [25 Dk]....19
2.1.2 Standartın Gereklilikleri (K3) [115 Dk]....21
2.2 ISO 26262 (K3) [125 Dk]....24
2.2.1 Fonksiyonel güvenlik ve güvenlik kültürü (K2) [20 Dk]....24
2.2.2 Test Uzmanının güvenlik yaşam döngüsüne entegrasyonu (K2) [15 Dk]....24
2.2.3 Standartın belirli bölümlerinin yapısı ve testi (K1) [10 Dk]....26
2.2.4 Kritikliğin test kapsamı üzerindeki etkisi (K2) [20 Dk]....27
2.2.5 CTFL® içeriğinin ISO 26262 bağlamında uygulanması (K3) [60 Dk]....27
2.3 AUTOSAR (K1) [15 Dk]....29
2.3.1 AUTOSAR'ın Amaçları (K1) [5 Dk]....29
2.3.2 AUTOSAR'ın Genel Yapısı (K1) [bilgilendirici] [5 Dk]....29
2.3.3 AUTOSAR'ın Test Uzmanının Çalışması Üzerindeki Etkisi (K1) [5 Dk]....30

2.4 Karşılaştırma (K2) [20 Dk] 31
2.4.1 ASPICE ve ISO 26262 'nin amaçları (K1) [5 Dk] 31
2.4.2 Test seviyelerinin karşılaştırılması (K2) [15 Dk] 31
3 Sanal ortamda test etme (K3) [160 Dk] 33
3.1 Genel Olarak Test Ortamı (K2) [30 Dk] 33
3.1.1 Otomotiv geliştirmede test ortamının motivasyonu (K1) [5 Dk] 33
3.1.2 Test ortamının genel parçaları (K1) [5 Dk] 34
3.1.3 Kapalı döngü ve açık döngü arasındaki farklar (K2) [15 Dk] 34
3.1.4 Elektronik kontrol ünitesinin temel arayüzleri, veritabanları ve iletişim protokolleri (K1) [5 Dk] 35
3.2 XiL test ortamlarında test etme (K3) [130 Dk] 36
3.2.1 Döngü içindeki Model (MiL) (K2) [20 Dk] 36
3.2.2 Döngü içindeki Yazılım (SiL) (K1) [10 Dk] 37
3.2.3 Döngü içindeki Donanım (HiL) (K2) [20 Dk] 37
3.2.4 XiL test ortamlarının karşılaştırılması (K3) [80 Dk] 38
4 Otomotive özgü statik ve dinamik test teknikleri [230 Dk] 41
4.1 Statik test teknikleri (K3) [75 Dk] 41
4.1.1 The MISRA-C: 2012 Kılavuzları (K2) [15 Dk] 41
4.1.2 Gereksinimlerin gözden geçirilmesi için kalite özellikleri (K3) [60 Dk] 42
4.2 Dinamik test teknikleri (K3) [155 Dk] 43
4.2.1 Koşul testi, çoklu koşul testi, değiştirilmiş koşul/karar testi (K3)[60 Dk]
İfade için karar çıktısı: 43
4.2.2 Arka arkaya test etme (K2) [15 Dk] 44
4.2.3 Hata enjeksiyonu testi (K2) [15 Dk]. 44
4.2.4 Gereksinim bazlı test (K1) [5 Dk] 45
4.2.5 Bağlama bağlı test tekniklerinin seçimi (K3) [60 Dk] 45
Ek 47
Tablolar listesi 48
Referanslar 48
Tanımlar 52
Kısaltmalar 64
Dizin 66

Teşekkür

German Testing Board (GTB), 2017 tarihli Almanca versiyonunun yazarı ve inceleme ekibine (alfabetik sırayla) teşekkür eder.

Graham Bath, André Baumann, Arne Becher, Ralf Bongard (Ana Müfredat ve Çalışma Grubu Eş Başkanı), Kai Borgeest, Tim Burdach, Mirko Conrad, Klaudia Dussa-Zieger, Matthias Friedrich, Dirk Gebrath, Thorsten Geiselhart, Matthias Hamburg, Uwe Hehn, Olaf Janßen, Jacques Kamga, Horst Pohlmann (Ana Sınav ve Çalışma Grubu Başkanı), Ralf Reißing, Karsten Richter, Ina Schieferdecker, Alexander Schulz, Stefan Stefan, Stephanie Ulrich, Jork Warnecke ve Stephan Weißleder.

German Testing Board (GTB) ve WG Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı , 2018 tarihli İngiliz Versiyonlarının genişletilmiş inceleme ekibine (V.2.0.x) teşekkür eder: Graham Bath, Thomas Borchsenius, Ádám Bíró, Zsolt Csatári, Attila Farkas, Attila Fekete, Ferenc Hamori, Ádám Jezsoviczki, Gábor Kapros, Miguel Mancilla, Roland Milos, Kenji Onishii, Miroslaw Panek, Mirosław Panek, Barthomiej Predki, Stefan Stefan, Stuart Reid, Ralf Reissing, Hidetoshi Suhara, Tamás Széplakin, Eshraka Zakaria ve Csaba Zelei.

Bu Dokümanın Tarihi

Müfredat 1.0, 2010/2011 yıllarında Global Yazılım Kalitesi Derneği AISBL (gasq) talebi üzerine Dr. Hendrik Dettmering tarafından geliştirilmiştir.

Doküman incelemesi için, OEM'lerden (otomobil üreticileri) seçilen uzmanlar atanmış ve müfredatın kalitesi ile amacı kontrol edilmiş ve uygun olduğu değerlendirilmiştir. Bu nedenle, bu doküman Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı sertifikasyonu için müfredatı oluşturmaktadır ve aynı zamanda eğitim materyalinin yanı sıra sertifikasyon için sınav sorularının da temelini oluşturmaktadır.

1 Ocak 2014 itibarıyla, German Testing Board (GTB) “Sertifikalı Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı” çalışma grubu, konunun hızlı bir şekilde gelişimini sağlamak ve endüstri gereksinimlerini karşılamak için müfredatın daha fazla geliştirilmesini üstlenmiştir. Bu, yalnızca endüstriden bağımsız TEMEL (CORE) müfredatına sahip olmayı değil, aynı zamanda iyi bilinen ISTQB® Temel Seviye sertifikasına ek olarak otomotive ait spesifik yönlerin de bir uzmanlık olarak mevcut olmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

Sürüm 1.1, 15 Haziran 2015'te yayımlandı. Bu baskı, sürüm 1.0 ile geriye dönük uyumlu olup, buna göre gereksiz kısımlar, ISTQB® Temel Seviye müfredatından sürüm 1.1'den kaldırılmıştır.

Giriş[1]

Dokümanın Amacı

Bu müfredat, Uluslararası Yazılım Testi Kalitesi Kurulu'nun (kısa adıyla ISTQB®) Temel Seviyesi yazılım test eğitim programlarının bir uzmanlığını tanımlamaktadır. Elimizdeki müfredat sayesinde eğitim sağlayıcıları, kurs materyallerini oluşturmakta ve akreditasyon için uygun bir öğretim metodolojisi tanımlamaktadır. Kursiyerler, sınav için hazırlıklarını bu müfredat aracılığıyla yapmaktadır.

Elimizdeki müfredatın tarihi ve arka planı hakkında daha fazla bilgi, bu müfredatın geçmişinde bulunabilir.

ISTQB® CTFL®-Uzman: Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı

Sertifikalı Test Uzmanı eğitim programlarının Temel Seviyesine yönelik mevcut Uzman modülü, otomotiv alanında yazılım testi konusuyla ilgilenen tüm kişilere yöneliktir. Bu, test uzmanları, test analistleri, test mühendisleri, test danışmanları, test yöneticileri, sürüm Test Uzmanları ve yazılım geliştiricileri gibi rollerdeki kişileri içermektedir. Temel seviye ayrıca, otomotiv alanında yazılım testi konusuna dair temel bilgi ve anlayış kazanmak isteyen proje yöneticileri, kalite yöneticileri, yazılım geliştirme yöneticileri, sistem analistleri (iş analistleri), BT yöneticileri veya yönetim danışmanları gibi rollerdeki kişilere de hitap etmektedir.

[1] Metnin ana kısımlarının çoğu ISTQB® CTFL Temel Müfredatı'ndan alınmıştır [21

İş Değeri

Bu paragrafta, CTFL® Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı olarak ek bir sertifikaya sahip bir adaydan beklenebilecek iş değerini (ISTQB®'ye göre İş Sonuçları) özetleyeceğiz.

CTFL® Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı (CTFL®-AuT) şunları yapabilir:

AUTFL-BO-01 *Test ekibiyle etkin bir şekilde iş birliği yapabilir. ("iş birliği yapmak")*

AUTFL-BO-02 *Bilinen test tekniklerini ISTQB® Sertifikalı Test Uzmanı Temel Seviyesi'nden (CTFL®) özel proje gereksinimlerine uyarlayabilir. ("uyarlamak")*

AUTFL-BO-03 Uygun test tekniklerini seçmek için ilgili standartların (Otomotiv SPICE®, ISO 26262 vb.) temel gereksinimlerini göz önünde bulundurabilir. ("seçmek")

AUTFL-BO-04 *Test ekibini risk odaklı test faaliyetlerinin planlanmasında destekleyebilir ve bilinen yapılandırma ve önceliklendirme unsurlarını uygulayabilir. ("desteklemek & uygulamak")*

AUTFL-BO-05 *Test ortamlarında sanal test yöntemlerini (örn. HiL, SiL, MiL vb.) uygulayabilir. ("uygulamak")*

Öğrenme hedefleri/Bilişsel bilgi düzeyleri

Her paragraf bu müfredatın bir bilişsel seviyeye atanmıştır:

- K1: Hatırla
- K2: Anla
- K3: Uygula
- K4: Analiz et

Öğrenme hedefleri, eğitim sonrası öğrencinin ilgili paragraf/bölüm/modülü bitirdikten sonra neler öğrenmiş olması gerektiğini tanımlar.

[Bilgilendirici] olarak işaretlenmiş öğrenme hedeflerinin içeriği, eğitim sağlayıcısı tarafından uygun bir zaman diliminde öğretilmelidir, ancak sınav için geçerli DEĞİLDİR.

Örnek: AUTFL-2.2.3.1 ISO 26262'nin tasarımını ve yapısını hatırlamak. [Bilgilendirici]

Terimler

Kursiyerin, "Terimler" (K1) başlığı altında belirtilen tüm terimleri, öğrenme hedeflerinde açıkça belirtilmese bile yeniden üretmesi beklenir. ISTQB® Sözlüğü tanımları ve onaylanmış versiyonlardaki ulusal çeviriler (bu müfredatta yer alan ek terimler dahil) geçerlidir.

Sınav

Bu müfredat, spesifik alan sertifikası olan Temel Seviye Uzmanlığı Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı için ek bir sınavı içerir. Bir sınav sorusu, müfredatın çeşitli bölümlerinden konu maddelerini sorabilir. Genellikle her sınav sorusu bir öğrenme hedefine atanmıştır, anahtar terime atanmış olanlar hariç.

Sınav formatı çoktan seçmelidir. Sınavlar, akredite bir eğitim kursundan hemen sonra veya bağımsız olarak (örneğin; bir sınav merkezinde veya herkese açık bir sınav olarak) alınabilir. Kursa katılmak sınavı geçmek için bir gereklilik değildir.

Sınava Giriş Şartları

Sertifikalı Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı sınavına girmek için adayların ISTQB® Sertifikalı Test Uzmanı Temel Seviye (CTFL®) sertifikasına sahip olmaları ve otomotiv geliştirme projelerinde test yapmaya ilgi duymaları gerekmektedir.

Ancak, adayın şu yeterliliklere sahip olması;

- En az yazılım geliştirme veya yazılım testi konusunda temel bilgiye sahip olması (örneğin; sistem veya kabul test uzmanı veya geliştirici olarak altı ay deneyim),
- Veya ISTQB® standardına göre akredite edilmiş bir kurs almış olması,
- Veya otomotiv endüstrisinde E/E geliştirme projelerinde test konusunda başlangıç deneyimine sahip olması tavsiye edilir.

Akreditasyon

Bir ISTQB® Üye Kurulu, bu müfredata uygun ders materyalleri sunan eğitim sağlayıcılarını akredite edebilir. Eğitim sağlayıcıları, akreditasyonu gerçekleştiren kurul veya kurumdan akreditasyon kurallarını almalıdır. Akredite bir kurs, bu müfredata uygun olduğu kabul edilir ve ayrı bir parça olarak ek bir sınav içerebilir.

Eğitim sağlayıcıları için ek referanslar ek'te bulunabilir.

Detay seviyesi

Detay seviyesi, tutarlı eğitim ve sınav yapılmasını sağlamak için belirlenmiştir. Bu hedefe ulaşmak için, bu müfredat aşağıdakileri içerir:

- Genel öğrenme hedefleri, (genişletilmiş) temel seviyenin amacını tanımlar
- İncelenmesi gereken içerik, gerekirse daha fazla literatüre yönlendirmelerle birlikte açıklanmıştır.
- Her bilgi alanı için öğrenme hedefleri, eğitimin bilişsel sonucunu ve katılımcının ulaşılması gereken zihniyetini tanımlar.
- Katılımcının üretebileceği ve anlaması gereken terimlerin bir listesini bulundurur.
- İncelenmesi gereken önemli kavramların açıklaması, iyi kurulmuş teknik literatür, standartlar gibi kaynaklara atıflar içerir

Müfredat, "otomotiv elektronik geliştirme projelerinde yazılım odaklı sistemlerin test edilmesi" bilgi alanının tam bir tanımı değildir. Sadece öğrenme hedefleri için gerekli kapsam ve ayrıntı seviyesini yansıtmaktadır.

Müfredatın Yapısı

Müfredat dört ana bölümden oluşmaktadır. Her bölümün ana başlığı, ilgili bölümde ele alınacak en zor öğrenme hedefi/bilişsel bilgi düzeyi göstermekte olup, bu bölüm için akredite bir kursta dikkate alınması gereken minimum eğitim süresini tanımlamaktadır.

Örnek:

Giriş (K2) - [30 dakika]

Örnek, "Giriş (K2)" bölümü için K1[3] ve K2'nin beklenildiğini (ancak K3'ün değil) ve bu bölümün materyalinin eğitimi için 30 dakikanın planlandığını göstermektedir.

Her bölüm birkaç alt bölüm içerir. Her alt bölüm de öğrenme hedeflerini ve bir zaman çerçevesini tanımlayabilir. Bir alt bölüm için süre verilmediyse, bu süre zaten ana bölüme dahil edilmiştir.

Cinsiyet ayrımı gözetmeyen ifadeler

Okunabilirliği kolaylaştırmak amacıyla, cinsiyet ayrımı gözetmeksizin, örneğin; erkek ve kadın kullanıcılar gibi ayrımcılıklardan kaçınacağız. Eşitlikçi bir yaklaşımla, tüm rol adları genellikle her iki cinsiyet için de geçerli olacaktır.

[3] Daha yüksek bir taksonomi seviyesindeki bir öğrenme hedefi, daha düşük seviyelerdeki öğrenme hedeflerini de kapsar.

1 Giriş (K2) [30 Dakika]

Terimler

Test ile ilgili özel terimler yok

Öğrenme hedefleri

AUTFL-1.1.1 Farklı proje hedeflerinden ve artan ürün karmaşıklığından kaynaklanan otomotiv ürün geliştirme zorluklarını açıklayın ve örnekler verin (K2)

AUTFL-1.2.1 Zaman, maliyet, kalite ve proje/ürün riskleri gibi standartlardan etkilenen proje unsurlarını hatırlayın. (K1)

AUTFL-1.3.1 ISO/IEC 24748-1 [1] uyarınca sistem yaşam döngüsündeki altı genel aşamayı hatırlayın(K1)

AUTFL-1.4.1 Sürüm sürecinde test uzmanının katkısını ve iş birliğini hatırlar. (K1)

Giriş

Yazılım testinin yedi prensibinden biri "Test, bağlama bağlıdır" ilkesidir[21]. Bu paragraf, "Otomotiv Yazılımı Test Uzmanı "nın[4] faaliyet gösterdiği E/E (elektrik/elektronik) geliştirme ortamını özetlemektedir. Bir yandan, farklı hedefler, artan karmaşıklık ve yenilik için yüksek baskı, özel zorluklara yol açmaktadır. Öte yandan, standartlar ve araçların yaşam döngüsü, Test Uzmanı'nın çalıştığı çerçeveyi oluşturmaktadır. Nihayetinde test uzmanı, çalışmalarıyla yazılım ve sistemlerin piyasaya sürülmesine katkıda bulunur.

1.1 Farklı proje hedeflerinden ve artan ürün karmaşıklığından kaynaklanan gereksinimler (K2) [15 Dakika]

Otomobil üreticileri ve tedarikçileri yeni otomobil modellerini[5] geçmişte olduğu gibi daha sık ve artan maliyet baskısı altında piyasaya sürmeye devam etmektedir. Aşağıdaki hususlar bu süreci etkilemektedir:

- Artan model sayısı ve karmaşıklık:
  OEM'ler (otomobil üreticileri) bireysel son müşteri ihtiyaçlarını daha iyi karşılayabilmek için giderek daha fazla otomobil modeli sunmaktadır. Ancak bu, model başına düşen miktarları azaltmaktadır. Geliştirme ve üretim maliyetlerinde ortaya çıkan artışları karşılamak için üreticiler, ortak bir platformun çeşitleri olarak çeşitli modeller geliştirmektedir. Ancak bir platformun geliştirilmesi, olası birçok varyasyonun kontrol altında tutulması ihtiyacı nedeniyle tek bir modelin geliştirilmesinden çok daha karmaşıktır.
- Artan fonksiyonellik yelpazesi:
  Son müşteri, mevcut işlevleri atlamadan giderek daha fazla yenilik talep etmekte, bu da işlev yelpazesinin artmasına neden olmaktadır.
- Artan sayıda konfigürasyon:
  Nihai müşteri, otomobil modelini kendi bireysel isteklerine göre ayarlamak ister. Bu, bir otomobil modeli için fonksiyonellik aralığında da birçok olası konfigürasyon gerektirir.

4 Aşağıda yalnızca "Test Uzmanı" terimini kullanacağız. Bu, "Otomotiv E/E Yazılım Test Uzmanı"nin kısaltması olarak anlaşılmalıdır.

5 Yönetim danışmanlığı firması Progenium'un bir çalışmasından örnek: "1990'da yalnızca 101 farklı otomobil modeli sunuluyordu …, 2014'te bu sayı 453'e çıkmıştır" [43]

- Artan kalite gereksinimleri:
  Artan fonksiyonellik ve karmaşıklık seviyelerine rağmen, nihai müşteri araç ve işlevleri için en azından aynı hatta daha yüksek bir kalite beklemektedir.

Proje hedefleri olan zaman, maliyet ve kalite birbiriyle yarıştığından ("Proje yönetimi üçgeni") otomobil üreticileri (OEM'ler) ve tedarikçiler, artan karmaşıklığa, artan kalite gereksinimlerine ve daha küçük bütçelere rağmen daha kısa geliştirme sürelerine olanak tanıyan daha verimli bir sistem geliştirme için çaba göstermelidir.

1.2 Standartlardan Etkilenen Proje Yönleri (K1) [5 dakika]

Standartların zaman, maliyet, kalite, proje ve ürün riskleri gibi önemli proje unsurları üzerinde etkisi vardır:

- Standartlar, süreçlerin verimliliğini artırır (örneğin; geliştirme süresini veya maliyetini istikrarlı bir kalitede azaltmak için):
  - Tek tip isimlendirme
  - Daha iyi şeffaflık
  - Daha kolay iş birliği (dahili ve harici)
  - Daha fazla yeniden kullanılabilirlik
  - Konsolide deneyim ("En İyi Uygulama")
- İyi oluşturulmuş teknoloji kılavuzlarıyla [21], risklerin ve hataların erken keşfedilmesine ve bunların çözülmesine yardımcı olurlar.
- Standartlar denetimler için temel oluşturur. Bu nedenle, bir denetçi bir ürünün veya sürecin kalitesini değerlendirebilir. Denetçi aynı zamanda bunların gereklilikleri karşılayıp karşılamadığını da kontrol edebilir [1].
- Standartlar, sözleşmesel veya düzenleyici hükümler ve kılavuzların bir parçasıdır

Bu müfredat, diğerlerinin yanı sıra, aşağıdaki standartları inceleyecektir:

- ISO 26262 [3] veya Automotive SPICE (ASPICE) [2] gibi süreç ve yöntemleri standartlaştıran standartlar.
- AUTOSAR [3] gibi ürünleri standartlaştıran standartlar.

1.3 Sistem yaşam döngüsündeki altı genel aşama (K1) [5 dakika]

Bir otomobilin ve içerdiği tüm bileşenlerin[6] sistem yaşam döngüsü, ürün fikriyle başlar ve hizmet dışı bırakılmasıyla sona erer. Bu yaşam döngüsü boyunca geliştirme süreçleri, iş süreçleri, lojistik süreçleri ve üretim teknolojisine ilişkin süreçler yer alır. Önceden tanımlanmış giriş ve çıkış kriterlerine sahip kilometre taşları, olgun süreçlere ulaşılmasına yardımcı olur. Bunlar sistem yaşam döngüsünü[7] aşağıdaki altı aşamaya ayırır ve senkronize eder [1]. (Tipik test faaliyetleri[8] parantez içinde):

- Konsept (test planlama)
- Geliştirme (test analizi, tasarım, uygulama, yürütme, değerlendirme ve raporlama)
- Üretim (hat sonu testi)
- Kullanım (test faaliyeti yok)
- Destek (bakım testi)
- Kullanımdan Kaldırılma (taşıma testi)

[6] Elektronik kontrol üniteleri (donanım ve yazılım) ile bileşenler.
[7] ISO 26262'nin Güvenlik yaşam döngüsü benzer aşamalardan geçmektedir.
[8] Test faaliyetleri için bkz: temel test süreci [2]

Otomotiv endüstrisinin popüler ürün geliştirme sürecinin ana hatları: tasarım, geliştirme ve üretim.

1.4 Test uzmanının sürüm sürecindeki katkısı/katılımı (K1) [5 Dakika]

Otomotiv ortamında, bir proje bir sürüm ilan ederek bir kilometre taşına ulaşır ve kanıtları gördükten sonra hedeflere ulaşıldığına karar verir. Bu andan itibaren sürüm öğesi, kullanımı ve amacı için gereken olgunluk seviyesini karşılar.

Sürüm sürecinin, sürüm öğesinin yayınlanmasına yol açması beklenmektedir. Sürüm öğesi, test öğesinden (parametrelendirme dahil yazılım yapılandırması, gerekirse donanım ve mekaniklerle birlikte) ve ek destekleyici belgelerden oluşur.

Test uzmanı, nihai test raporu aracılığıyla sürüm süreci için önemli bilgiler sunar [3]:

- Versiyonları da dahil olmak üzere test edilen öğeler ve performans özellikleri
- Bilinen hatalar
- Ürün metrikleri
- Örneğin; bir En İyi Uygulama Kılavuzu tarafından sağlanan sürüm yönetmeliğine dayalı olarak sürüm önerisi (test çıkış kriterlerine ulaşıldığında) için bilgi (örneğin; kapalı arazide veya halka açık caddelerde test, kurulum önerisi)

Ek olarak, test uzmanı, sürümle ilgili daha fazla teslim edilebilir sonuçların oluşturulmasına katılır [4]:

- Değişikliklere ilişkin kararlara öncelik verir ve katılır.
- Özellikleri önceliklendirir (uygulama sırası için).

2 E/E (elektrik/elektronik) sistemlerinin test edilmesine yönelik standartlar (K3) [300 Dakika]

Terimler

Otomotiv SPICE (ASPICE)

Otomotiv SPICE (ASPICE), yazılım nitelendirme testi (ASPICE), sistem nitelendirme testi (ASPICE)

ISO 26262

Otomotiv Güvenlik Bütünlük Seviyesi (ASIL), fonksiyonel güvenlik, yöntem tablosu (ISO 26262),

AUTOSAR

Testle ilgili özel terimler yok

Karşılaştırma

Testle ilgili özel terimler yok

Öğrenme hedefleri

Otomotiv SPICE (ASPICE)

AUTFL-2.1.1.1 Otomotiv SPICE'ın (ASPICE) iki boyutunu hatırlayın. (K1)

AUTFL-2.1.1.2 ASPICE'ın 3 işlem kategorisini ve 8 işlem grubunu hatırlayın [bilgilendirici]. (K1)

AUTFL-2.1.1.3 ASPICE'ın Yetenek seviyeleri 0 ile 3'ü açıklayın. (K2)

AUTFL-2.1.2.1 ASPICE'ın 5 testle ilgili işlem amaçlarını hatırlayın. (K1)

AUTFL-2.1.2.2 ASPICE'ın test perspektifinden dört derecelendirme seviyesinin ve yetenek göstergelerinin anlamını açıklayın. (K2)

AUTFL-2.1.2.3 ASPICE'ın regresyon test stratejisi de dahil olmak üzere test stratejisi için gereksinimlerini açıklayın. (K2)

AUTFL-2.1.2.4 ASPICE'ın test belgeleri için gereksinimlerini hatırlayın. (K1)

AUTFL-2.1.2.5 Bir doğrulama stratejisi (bir test stratejisinin aksine) ve birim doğrulama kriterlerini tasarlayın. (K3)

AUTFL-2.1.2.6 ASPICE'ın test perspektifinden farklı izlenebilirlik gereksinimlerini açıklayın. (K2)

ISO 26262

AUTFL-2.2.1.1 E/E sistemleri için fonksiyonel güvenlik amacını açıklayın.(K2)

AUTFL-2.2.1.2 Güvenlik kültürü için test uzmanlarının katkısını hatırlayın.(K1)

AUTFL-2.2.2.1 ISO 26262'ye göre güvenlik yaşam döngüsü çerçevesinde test uzmanının rolünü sunun. (K2)

AUTFL-2.2.3.1 ISO 26262'nin tasarımını ve yapısını hatırlayın. [Bilgilendirici][9]

[9] Sınavlar için zorunlu değildir.

AUTFL-2.2.3.2 Test uzmanın ilgili olduğu ISO 26262'nin ciltlerinin (bölüm başlıklarının) adını hatırlamak. (K1)

AUTFL-2.2.4.1 ASIL'in kritiklik seviyelerini hatırlamak. (K1)

AUTFL-2.2.4.2 ASIL'in, statik ve dinamik testler için geçerli test tasarım teknikleri ve test türleri üzerindeki etkisini ve bu etkinin sonucunda test kapsamını açıklamak. (K2)

AUTFL-2.2.5 ISO 26262'nin yöntem tablolarını yorumlayabilmek. (K3)

AUTOSAR

AUTFL-2.3.1 AUTOSAR'ın amaçlarını hatırlamak. (K1)

AUTFL-2.3.2 AUTOSAR'ın genel tasarımını hatırlamak [bilgilendirici] [10]. (K1)

AUTFL-2.3.3 AUTOSAR'ın test uzmanı çalışmasına etkisini hatırlamak. (K1)

Karşılaştırma

AUTFL-2.4.1 ASPICE ve ISO 26262'nin farklı amaçlarını hatırlamak (K1).

AUTFL-2.4.2 ASPICE ve ISO 26262 ile CTFL® arasındaki farkları ve test seviyelerini açıklamak (K2).

2.1 Otomotiv SPICE (ASPICE) (K3) [140 Dakika]

Giriş

Süreç iyileştirme, bir sistemin kalitesinin geliştirme sürecinin kalitesine bağlı olduğu yaklaşımını izler. Bu durumda, süreç modelleri, bir organizasyonun süreç yeteneğini model ile karşılaştırarak iyileştirme seçenekleri sunar. Ayrıca, model, değerlendirme sonuçlarını kullanarak bir organizasyonun süreçlerinin iyileştirilmesi için bir çerçeve görevi görür. [5].

2001 yılından itibaren, SPICE[11] Kullanıcı Grubu ve AUTOSIG (Otomotiv Özel İlgi Grubu) Otomotiv SPICE'i (ASPICE) geliştirmiştir. Standart, 2005 yılında yayınlanmasından bu yana otomotiv endüstrisinde iyi bir şekilde yerleşmiştir. Temmuz 2015'te, Alman Otomotiv Endüstrisi Derneği (VDA) ASPICE Sürüm 3.0'ı yayımladı [9]. 2017 yılından itibaren, ASPICE'in geliştirilmiş V.3.1 sürümü [6] yerleşik Sürüm 2.5'i [2] değiştirecektir. Bu nedenle, bu paragrafta yapılan tüm ifadeler ASPICE'in Sürüm 3.1'ine atıfta bulunmaktadır [47].

2.1.1 Standartın tasarımı ve yapısı (K2) [25 Dakika]

2.1.1.1 ASPICE'ın iki boyutu

ASPICE iki boyutlu bir değerlendirme modeli tanımlamaktadır:

Süreç boyutunda ASPICE Süreç Referans modelini tanımlar. Bunlar, değerlendirilebilmeleri ve iyileştirilebilmeleri için kuruluşların süreçlerini karşılaştırmak üzere bir referans görevi görür. ASPICE her bir süreç için amaç ve sonuçların yanı sıra gerekli eylemleri de tanımlar (temel uygulamalar)

[10] Sınavlar için zorunlu değildir.

[11] "Software Process Improvement and Capability Determination" teriminin kısaltması **SPICE** şeklindedir.

ve iş sonuçları (iş ürünleri). Eğer bir kuruluş ASPICE dışında başka referans süreçlere ihtiyaç duyarsa, bunlar örneğin; ISO/IEC 12207 [10] veya ISO/IEC 15288 [11]'den alınabilir.

Yetenek boyutunda ASPICE bir dizi süreç niteliği tanımlar. Bunlar süreç yeteneğinin ölçülebilir özelliklerini sağlar. Her bir süreç için, sürece özgü niteliklerin yanı sıra genel nitelikler de vardır. ISO/IEC 33020, süreç kabiliyetinin değerlendirilmesi için bir temel teşkil etmektedir [39].

Bu model yardımıyla süreçleri (süreç boyutu) kabiliyetleri (kabiliyet boyutu) açısından değerlendirmek mümkündür.

2.1.1.2 Süreç boyutundaki süreç kategorileri

ASPICE, süreçleri 8 süreç grubuna ve ardından 3 süreç kategorisine gruplar: [9][47]:

Birincil süreçler, şirketin ana süreçlerini içerir:

- Ürün ve/veya hizmet edinimi (ACQ)
- Ürün ve/veya hizmet tedariği (SPL)
- Sistem mühendisliği (SYS)
- Yazılım mühendisliği (SWE)

Destekleyici süreçler, diğer süreçleri destekleyen tüm süreçleri içerir:

- Destekleyici süreçler (SUP)

Organizasyonel süreçler, şirket hedeflerini destekleyen süreçleri içerir:

- Bir proje veya sürecin yönetimi (MAN)
- Süreç iyileştirme (PIM)
- Sistemlerin ve bileşenlerin yeniden kullanımı (REU)

Test uzmanı için, sistem geliştirme (SYS) ve yazılım geliştirme (SWE) süreç grupları özel bir ilgi alanıdır. Bu gruplar, Otomotiv SPICE V-modelinin ([9] Ek D “Temel Kavramlar”) süreçlerini oluşturur.

2.1.1.3 Yetenek boyutundaki yetenek seviyeleri

Değerlendirici, altı seviyeli bir değerlendirme sistemi yardımıyla süreç yetkinliğini değerlendirir (seviye gösterimi). ASPICE, 0'dan 3[12]'e kadar olan yetkinlik seviyelerini şu şekilde tanımlar [9][47]:

- Seviye 0 (tamamlanmamış süreç): Süreç mevcut değil veya sürecin amacını gerçekleştirmiyor. Örnek: Testçi yalnızca gereksinimlerin küçük bir kısmını kontrol eder.
- Seviye 1 (uygulanan süreç): Uygulanan süreç, süreç amacına ulaşır (ancak tutarsız bir şekilde yürütülebilir). Örnek: Test süreci için görünürde tam bir planlama yoktur. Ancak test uzmanı, gereksinimlerin karşılama düzeyini gösterebilir.
- Seviye 2 (yürütülen süreç): Proje, süreci yürütme aşamasında planlar ve denetler. Belirli durumlarda, amacı karşılamak için yürütme sırasında eylem planını uyarlayabilir. İş ürünlerine yönelik gereksinimler tanımlanmıştır. Bir proje üyesi iş ürünlerini kontrol eder ve onaylar. Örnek: Test yöneticisi test hedeflerini belirler, test faaliyetlerini planlar ve süreci denetler. Sapma durumlarında, buna göre tepki verir.

[12] Yetkinlik seviyeleri 4 ve 5, şu anda otomotiv endüstrisinin odağında değildir.

- Seviye 3 (kurulan süreç): Proje, standartlaştırılmış bir süreci kullanır ve bulgular sürekli iyileştirme için kullanılır. Örneğin; Tüm organizasyon için genel bir test stratejisi vardır. Test tamamlandıktan sonra (temel test sürecine bakınız) test yöneticisi, bu stratejiyi daha da geliştirmeye yardımcı olur.

2.1.2 Standartın Gereklilikleri (K3) [115 Dakika]

2.1.2.1 Teste Özgü Süreçler

ASPICE, test süreçlerini yazılım ve sistem geliştirme süreçlerine göre tanımlar[8]:

- Yazılım birimi doğrulama süreci (SWE.4), statik ve dinamik testler gerektirir. Yazılım bileşenlerini detaylı tasarımına dayalı olarak değerlendirir. (SWE.3).
- Yazılım entegrasyon testi (SWE.5), entegre yazılımı yazılım mimarisine dayalı olarak değerlendirir. (SWE.2).
- Yazılım kalitesi testi (SWE.6), entegre yazılımı yazılım gereksinimlerine dayalı olarak değerlendirir. (SWE.1).
- Sistem entegrasyon testi (SYS.4), entegre sistemi sistem mimarisine dayalı olarak değerlendirir. (SYS.3).
- Sistem yeterlilik testi (SYS.5), entegre sistemi sistem gereksinimlerine dayalı olarak değerlendirir. (SYS.2).

2.1.2.2 Değerlendirme Seviyeleri ve Yetkinlik Göstergeleri

Bir değerlendirici, süreç yetkinliğini yetkinlik göstergeleri aracılığıyla değerlendirebilir. ASPICE, 9 süreç niteliği (PA) için bunları tanımlar. Yetkinlik seviyeleri 1'den 3'e kadar olanlar için bunlar şu şekilde tanımlanmıştır (parantez içinde SWE.6 örneği kullanılarak): [9], [47]:

- PA 1.1: Süreç performansı (test uzmanı, temel test süreci aracılığıyla kendisini yönlendirir).
- PA 2.1: Performans yönetimi (test uzmanı, test faaliyetlerini planlar, denetler ve kontrol eder).
- PA 2.2: İş ürünleri yönetimi (test uzmanı, test dokümantasyonunun kalitesini kontrol eder).
- PA 3.1: Süreç tanımı (test sürecinden sorumlu kişi, genel bir proje stratejisini tanımlar).
- PA 3.2: Süreç dağıtımı (test uzmanı, PA 3.1'de tanımlanan test stratejisini uygular).

Süreç yürütmesi (PA 1.1) için ASPICE, iki tür gösterge tanımlar: temel uygulamalar (BP) ve iş ürünleri (WP). Ayrıca, genel uygulamalar (GP) ve kaynaklar da tanımlanmıştır. Süreç özelliklerinin değerlendirilmesi, göstergelerin dört derecelendirme seviyesindeki uygulama düzeyine dayanmaktadır [9], [47]

- **N** (None): yerine getirilmemiş (0% ile ≤ 15% arası)
- **P** (Partly): kısmen yerine getirilmiş (> 15% ile ≤ 50% arası)
- **L** (Largely): büyük ölçüde yerine getirilmiş (> 50% ile ≤ 85% arası)
- **F** (Fully): tamamen yerine getirilmiş (> 85% ile ≤ 100% arası)

Bir sürecin belirli bir yetkinlik seviyesine ulaşabilmesi için, ulaşılacak yetkinlik seviyesinin göstergelerinin “büyük ölçüde yerine getirilmiş (L)” olması gerekmektedir. Daha düşük yetkinlik seviyelerinin göstergeleri ise “tamamen yerine getirilmiş (F)” olmalıdır.

2.1.2.3 Test stratejisi ve regresyon testi stratejisi

Temel bir uygulama olarak ASPICE, teste özel her süreç için bir test stratejisi[13] gerektirir (bkz. 2.1.2.1). Test yöneticisi bunu test planlaması dahilinde geliştirir. Test yönergeleri, proje hedefleri ve ayrıca sözleşmeye bağlı ve düzenleyici gereksinimler bunun temelini oluşturur.

Test uzmanı, erken testi bir test prensibi olarak bilir. Bu, otomotiv ortamındaki yazılım testleri için de geçerlidir. Ancak burada başka bir husus devreye girmektedir çünkü daha yüksek test seviyelerindeki test ortamları önemli ölçüde daha pahalıdır. Örneğin, daha yüksek seviyelerdeki testler için, özellikle geliştirilmiş ve gömülü donanım gereklidir (örneğin; bir prototip veya benzersiz model olarak). Test stratejisi, seviyeye özgü test ortamlarının yanı sıra test uzmanının hangi test ortamlarında hangi testleri gerçekleştirmesi gerektiğini de tanımlar.

Regresyon testi stratejisi, test stratejisinin önemli bir parçasıdır. Buradaki zorluk, test senaryolarının ekonomik açıdan mantıklı bir şekilde seçilmesinde yatmaktadır ("testin katma değeri"). Regresyon stratejisi, regresyon testlerinin seçimine ilişkin amacı ve tekniği tanımlar. Örneğin, seçim risk bazlı olabilir. Etki analizi, test uzmanının regresyon testleriyle odaklanması gereken alanların belirlenmesine yardımcı olur. Ancak test yöneticisi, test uzmanından her sürüm için tüm otomatik test senaryolarını tekrarlamasını da isteyebilir.

2.1.2.4 ASPICE'ta test dokümantasyonu

Test aktivitelerinin dokümantasyonu için ASPICE, CTFL®'den [9] test uzmanı tarafından bilinen birçok çalışma ürünü (WP) gerektirir:

- WP 08-50: Test spesifikasyonu (test tasarımını, test senaryosunu ve test prosedürü spesifikasyonunu içeren)
- WP 08-52: ISO/IEC/IEEE 29119-3 [34] uyarınca test planı ve dahil edilen strateji (WP 19-00)
- WP 13-50: Test sonucu, test kaydı, olay/sapma raporu ve test özet raporu

ASPICE her bir çalışma ürünü için özellik ve içerik örneklerini tanımlar. Bir değerlendirici bunları anlık kontrol yoluyla değerlendirebilir. Bir denetçi için bunlar sürecin yürütülmesine yönelik objektif bir gösterge görevi görür.

ASPICE test planı için doğrudan ISO/IEC/IEEE 29119-3[14]'e atıfta bulunur. Bu standart ayrıca diğer gerekli çalışma ürünleri için kullanılabilecek ve belirli bir amaca göre uyarlanabilecek şablonlar da sağlar. Bağlam içinde, süreçlerin hedeflenen amacına katkıda bulunduğundan emin olunmalıdır.

2.1.2.5 Birim doğrulama için doğrulama stratejisi ve kriterleri (SWE.4)

Yazılım birimlerinin (SWE.4) doğrulanması için ASPICE bir doğrulama stratejisi gerektirir[15]. SWE.5/SWE.6/SYS.4/SYS.5 teste özgü süreçler durumunda ASPICE, test stratejisi gerektirir (bkz. 2.1.2.3). Test stratejisi "sadece" dinamik testlere bakar. Bu, kod incelemesi ve statik analizi de dikkate alan doğrulama stratejisine bir ektir (Her iki teknik de CTFL®'de "statik testler" olarak bilinir).

Test uzmanı, doğrulama stratejisine göre yazılımın detaylı tasarımına ve fonksiyonel ve fonksiyonel olmayan gereksinimlere uygunluğunu doğrular. Strateji, test uzmanının kanıtı nasıl sağlayacağını tanımlar. Bu nedenle, test uzmanı birimleri doğrulamak için statik ve dinamik test tekniklerinin farklı kombinasyonlarını kullanabilir.

---

[13] CTFL'ye göre [2] proje spesifik test stratejisi aynı zamanda test tekniği olarak da bilinir.

[14] Bu, ISTQB ders programlarında hâlâ kullanılan IEEE 829:1998 ve IEEE 829:2008'in yerini alır.

[15] "Doğrulama stratejisi" ve "test stratejisi" terimleri için ASPICE'te "strateji" terimi kullanılırken, ISTQB'de proje spesifik "teknik" terimi kullanılmaktadır.

Yazılımcının bir birimi değiştirmesi durumunda test uzmanının da bu değişikliği değerlendirmesi gerekir. Bu nedenle, birimlerin doğrulanmasına yönelik strateji aynı zamanda bir regresyon stratejisi de içerir. Bu, değiştirilen kodun doğrulanmasını, onaylama testini ve değiştirilmeyen parçaların tekrarlanan doğrulamasını (statik ve dinamik regresyon testleri) içerir.

SWE.4.BP.2'de ASPICE, birimlerin doğrulanması kriterlerin geliştirilmesini gerektirir. Bu kriterler nelerin yerine getirilmesi gerektiğini tanımlar. Bu nedenle, bir test uzmanı, birimin fonksiyonel olmayan gereksinimleri ne kadar karşıladığını ve ayrıntılı tasarımla ne kadar eşleştiğini değerlendirebilir. Aşağıdaki kriterler birimlerin doğrulanması için olası kriterlerdir:

- Birim test senaryoları (test verileri dahil)
- Test kapsamına ilişkin hedefler (örneğin; karar kapsamı)
- Kod standartlarına uyumluluğu değerlendiren araç destekli statik analiz (MISRA-C gibi, bkz. 4.1.1)
- Araç destekli statik analizle değerlendirilemeyen birimler veya birim parçaları için kod gözden geçirmeleri.

Otomotiv SPICE'a (ASPICE) göre, doğrulama stratejisinin dokümantasyonu birim seviyesinde test planının ([13] paragraf 6.2.7) bir parçasıdır. İçerik ISO/IEC/IEEE 29119- 3'e göre bölünmüş ve statik testlerin yönlerine göre geliştirilmiştir.

2.1.2.6 Otomotiv SPICE'ta (ASPICE) İzlenebilirlik

CTFL® Temel Seviye Müfredatında [21] olduğu gibi ASPICE da çift yönlü izlenebilirlik gerektirir[16]. Bu, test uzmanın şunları yapmasına olanak sağlar:

- etkiyi analiz etmek
- kapsamı değerlendirmek
- veya durumu izlemek.

Ayrıca bu, test uzmanı('nın) bağlantılı unsurlar arasında hem metinsel hem de anlamsal olarak tutarlılık sağlamasına olanak tanır.

ASPICE dikey ve yatay izlenebilirlik arasında ayrım yapar [9]:

Dikey olarak, ASPICE paydaş gereksinimlerinin yazılım bileşenleriyle ilişkilendirilmesini gerektirir. Bunu yaparken, tüm geliştirme seviyeleri arasındaki bağlantı, ilgili çalışma ürünleri arasında bir tutarlılık sağlar.

Yatay olarak, ASPICE geliştirme çalışma sonuçları ile bunlara karşılık gelen test spesifikasyonları ve sonuçları arasında izlenebilirlik ve tutarlılık gerektirir.

Buna ek olarak, SUP.10.BP8 temel uygulaması, değişiklik talepleri ile değişiklik taleplerinden etkilenen çalışma ürünleri arasında çift yönlü izlenebilirlik gerektirir. Değişiklik talebi bir problem tarafından başlatılır, değişiklik talepleri ve ilgili problem raporu arasında çift yönlü izlenebilirlik gereklidir. Zaman zaman çok sayıda bağlantı olması nedeniyle, tutarlı bir araç zinciri yardımcı olabilir. Bu, test uzmanının bağımlılıkları verimli bir şekilde oluşturmasını ve yönetmesini sağlar.

[16] Bundan sonra, 'izlenebilirlik' terimi her zaman çift yönlü izlenebilirliği ifade edecektir.

2.2 ISO 26262 (K3) [125 Dakika]

2.2.1 **Fonksiyonel güvenlik ve güvenlik kültürü** (K2) [20 Dakika]

2.2.1.1 E/E sistemleri için fonksiyonel güvenlik hedefi

Gömülü sistemlerin fonksiyonel ve teknik karmaşıklığı sürekli artmaktadır. Aynı zamanda, güçlü yazılım tabanlı elektrik ve elektronik sistemler, otomobildeki sürüş fonksiyonlarının otomasyonu gibi yeni karmaşık işlevlere izin vermektedir.

Yüksek karmaşıklık nedeniyle, geliştirme sırasında hatalı bir eylemin gerçekleşme riski artmaktadır. Bunun sonucunda sistemde (tespit edilemeyen) bir hata durumu ortaya çıkabilir. Hayat memat riski taşıyan sistemler için, güvenlikten sorumlu kişi potansiyel riskleri analiz etmelidir. Gerçekleşen bir risk varsa, bunların olası etkilerini kabul edilebilir bir risk seviyesine indirmek için uygun önlemleri belirler.

Bu tür bir analizin yürütülmesine yönelik metotlar fonksiyonel güvenlik standardında özetlenmiştir. Temel standart IEC 61508'dir. Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO), ISO 26262'yi bu standarttan uyarlamıştır.

ISO 26262'ye göre Fonksiyonel Güvenlik, E/E sistemlerinin arıza davranışlarından kaynaklanan tehlikeler nedeniyle makul olmayan risklerin olmaması olarak tanımlanmaktadır. Bu anlamda terim, bilgi güvenliği, ürün güvenliği veya iş güvenliği gibi diğer güvenlik terimlerinden ayrılmalıdır [ISO 26262] [IEC 61508]. Çalışma ortamındaki güvenlik ve siber güvenlik ISO 26262'nin odağında değildir. Siber Güvenlik eksikliği Fonksiyonel Güvenliği tehlikeye atabilir ve siber güvenlik ürün güvenliğine katkıda bulunur.

2.2.1.2 Test uzmanının güvenlik kültürüne katkısı

ISO 26262'ye göre ürün geliştirme kapsamında kendi kuruluşunuzun süreçlerini izlemek yeterli değildir. Tüm katılımcıların süreç bağımsız bir yaklaşımı benimsemesi gerekmektedir. Herkes, kendi etkisini geliştirme sürecine ve nihai ürünün güvenliğine anlamalıdır. Bu, dış ortakları ve tedarikçileri de kapsamaktadır.

Katılımcılar, kendi eylemlerinin diğer süreçlerden bağımsız olarak gerçekleşmediğini anlamalıdır. Geliştirmenin her adımı, Fonksiyonel Güvenlik ile ilgili gereksinimlerin yerine getirilmesi ve uygulanması için temel bir katkı oluşturur. Bu sorumluluk, ürünün piyasaya sürülmesiyle sona ermez. Sistem yaşam döngüsünün sonuna kadar devam eder.

Test uzmanı, yazılım geliştirme yaşam döngüsünün tüm aşamalarında sorumlu bir şekilde katılarak ve ürün geliştirmeye dair genel bağlamı sürekli göz önünde bulundurarak güvenlik kültürüne katkıda bulunur. [ISO 26262]

2.2.2 **Test uzmanının güvenlik yaşam döngüsüne entegrasyonu** (K2) [15 dakika]

Güvenlik yaşam döngüsü, güvenlik odaklı bir ürün geliştirme sürecinin aşamalarını tanımlar. Bu süreç, ilk ürün fikri ve olası risklerin araştırılmasıyla başlar. Ortaya çıkan güvenlik gereksinimlerinin tanımlanmasının ardından, bunların belirli bir ürüne uygulanması gelir. Döngü, ürünün ömrünün sonunda bertaraf edilmesiyle sona erer. (bkz. bölüm 1.3)

ISO 26262'ye göre güvenlik yaşam döngüsü aşağıdaki aşamalardan geçmektedir:

- 1. aşama: Ürün konsepti
- 2. aşama: Ürün geliştirme
- 3. aşama: Ürün üretimi ve bakımı ("üretime sürümden” sonra)

Tedarikçi test uzmanı genellikle ilk iki aşamada çalışır. Üçüncü aşamada üründe yapılan değişiklikler, kapsamlarına bağlı olarak birinci veya ikinci aşamaya geri dönülmesine neden olur. Bu nedenle, test uzmanı değişikliklere de katılır. Güvenlikle ilgili gereksinimlere dayanarak (bkz. bölüm 2.2.4) test senaryolarını tasarlar ve bu gereksinimlerin doğrulanması ve geçerliliği için test tekniklerini seçer. Test uzmanı, ardından bu testleri ürün geliştirme sürecinin ilgili alt aşamalarında gerçekleştirir.

Test planlama faaliyetleri genellikle konsept aşaması içinde gerçekleşir. Ancak, ortaya çıkan belgelerde (örneğin; , test planında veya test spesifikasyonlarında) her aşamada ayarlamalar gerekebilir. Test uygulaması, genellikle ürün geliştirme sürecinin bireysel alt aşamaları arasındaki geçişlerde gerçekleşir. Örneğin, yazılımın uygulanması ile yazılım entegrasyonu arasındaki geçişte ve daha sonra donanım-yazılım entegrasyonuna geçişte. Ayrıca, test uzmanı test faaliyetleriyle üçüncü aşamaya geçişe önemli ölçüde katkıda bulunur. [ISO 26262]

2.2.3 **Standartın belirli bölümlerinin yapısı ve testi** (K1) [10 Dakika]

2.2.3.1 Standartın tasarımı ve yapısı [bilgilendirici]

ISO 26262 10 ciltten (bölümden) oluşmaktadır:

- Sözlükçe (cilt 1),
- Fonksiyonel güvenlik yönetimi (cilt 2),
- Güvenlik yaşam döngüsünün aşamaları:
  - Konsept aşaması (cilt 3)
  - Tüm sistem, donanım ve yazılım için ürün geliştirme (4-6. ciltler)
  - Üretim ve işletme (cilt 7)
- Destekleyici süreçler (cilt 8)
- ASIL(Otomotiv Güvenlik Bütünlük Seviyesi) ve güvenlik odaklı analiz (cilt 9)
- ISO 26262'nin uygulanmasına ilişkin yönergeler (cilt 10).

Cilt 1 ve cilt 10 dışında, her cilt normatif (kurallı) içeriğe sahiptir. Bunun bir kısmı şöyledir:

- Genel bir giriş,
- Uygulama kapsamı,
- Normatif referanslar ve
- Standarda uyumluluk için gereksinimler.

Bunları ilgili cildin belirli konuları takip etmektedir. Açıklamaların yapısı her ciltte aynıdır. Gerçekleştirilecek aktiviteler tüm ciltlerde (bölümlerde) benzer bir yapı ile tanımlanır [ISO 26262]:

- Amaç
- Genel bilgi
- Giriş bilgileri
- Ön Koşullar
- Daha fazla destekleyici bilgi
- Gereksinimler ve öneriler
- Çalışma sonuçları

2.2.3.2 Test uzmanı için ilgili ciltler (bölümler)

Yazılım test uzmanı için yazılım doğrulaması ve (en azından kısmen) sistem sağlaması çok önemlidir. Cilt 1'in (terminoloji) yanı sıra, diğer bazı ciltler (bölümler) de özel ilgi alanına girmektedir: Cilt 4 ve 6, yazılım doğrulaması için önerilen önlemlere ilişkin ayrıntılı bilgi ve gereksinimler sunmaktadır. Bu, seçim, tasarım ve uygulamanın yanı sıra ilgili doğrulama önlemlerinin yürütülmesi için de geçerlidir.

Bunu yaparken, bu ciltler sistemin (Cilt 4, sistem doğrulaması dahil) ve yazılım seviyesinin (Cilt 6) test ve doğrulamaya özgü yönlerine odaklanmaktadır. Donanıma özgü yönler de bu çalışmayla ilgiliyse, test uzmanı bunları Cilt 5'te bulacaktır. Yazılımın yanı sıra donanımla ilgili yönler de donanım yazılım arayüzü kapsamında değerlendirilir (cilt 4,5 ve 6).

ISO 26262'nin 8. Cildi, tüm test seviyelerinde doğrulamanın sürece özgü özelliklerini tanımladığı için özel bir konum oluşturur. Buna ek olarak, örneğin; dokümantasyon ve araçların nitelikleri gibi test uzmanı için önemli destekleyici süreçlere ilişkin gereksinimleri de içerir. [ISO 26262]

2.2.4 **Kritikliğin Testin Kapsamı Üzerindeki Etkisi** (K2) [20 Dakika]

2.2.4.1 ASIL'in Kritiklik Seviyeleri

ASIL ("Otomotiv Güvenlik Bütünlüğü Seviyesi") Fonksiyonel Güvenlik önlemleri ile gerekli risk azaltımı için bir ölçüdür. Bu tür önlemler örneğin; bir E/E sisteminin denetlenmesi için bağımsız bir güvenlik fonksiyonu veya özel olarak tanımlanmış yöntemlerin uygulanması olabilir. Daha yüksek risk seviyeleri için daha ayrıntılı önlemler gerekli olabilir.

Projenin başlangıcında, uzman bir ekip ürün için Tehlike analizi ve risk değerlendirmesi gerçekleştirir. Bu analizle belirlenen her risk için, standartta tanımlanan metodolojilerden birinin yardımıyla bir ASIL belirler. Bir sonraki adımda, güvenlik hedefleri ve güvenlik gereklilikleri taslağını hazırlar. Bunlar, temel aldıkları riskle aynı ASIL'yi kullanır.

ISO 26262, düşük güvenlik gereksinimleri için ASIL A'dan yüksek güvenlik gereksinimleri için ASIL D'ye kadar dört seviye tanımlar.

Tehlike Analizi ve Risk değerlendirmesi ASIL A'nın altında gerekliliklere yol açıyorsa, standart açısından bunlar güvenlikle ilgili değildir. Bu gereklilikler mevcut kalite yönetimine (QM) uyularak karşılanacaktır. [ISO 26262]

2.2.4.2 ASIL'in Test Teknikleri, Test Türleri ve Testin Kapsamı Üzerindeki Etkisi

Belirlenen ASIL, test uzmanı tarafından uygulanacak testlerin kapsamını doğrudan etkiler. ASIL'in belirli seviyelerine bağlı olarak, ISO 26262 standardı farklı önlemlerin veya önlem paketlerinin uygulanmasını önerir. Bunu yaparken kural, daha yüksek ASIL standardının daha kapsamlı ve daha ayrıntılı önlemler önermesidir. Daha düşük seviyeli ASIL için, belirtilen önlemlerin uygulanması genellikle isteğe bağlıdır.

ISO 26262 üç tavsiye seviyesi belirtir: tavsiye yok, tavsiye ediliyor ve şiddetle tavsiye ediliyor. "Tavsiye yok" için standart, ilgili önlemin kullanımı lehinde veya aleyhinde herhangi bir tavsiyede bulunmaz. Herhangi bir endişe olmaksızın destek olarak kullanılabilir. Ancak, uygulanması ISO tarafından önerilen veya şiddetle tavsiye edilen önlemlerin yerini almaz.

Test uzmanı için bu, standardın ASIL'e bağlı olarak fonksiyonel güvenlikle ilgili sistemler için belirli test tasarım teknikleri ve test türleri önerdiği anlamına gelir. Test uzmanı, bu özel durumla ilgili olarak yalnızca standart çerçevesinde bağımsız olarak karar verebilir. Örneğin, ASIL A için eşdeğerlik bölümleme ve sınır değer analizinin kullanılması önerilir. Öte yandan, ASIL B veya üstü için bu teknikler şiddetle tavsiye edilir (ayrıca bkz. Bölüm 2.2.5).

ASIL tüm ürünün bir özelliği değildir. Belirli bir güvenlik hedefine ve bunun sonucunda ortaya çıkan güvenlik gereksinimlerine bağlıdır. Bu nedenle, bir ürün için farklı ASIL'lere sahip güvenlik gereklilikleri için önemli ölçüde farklı test çabaları olabilir. Testlerin kapsamı planlanırken bu durum test uzmanı tarafından dikkate alınmalıdır. [ISO 26262]

2.2.5 CTFL® İçeriğinin ISO 26262 Bağlamında Uygulanması (K3) [60 Dakika]

ISO 26262, test uzmanına test faaliyetleri için yöntem tabloları şeklinde özel öneriler sunar. Bu tablolar 4, 5, 6 ve 8. ciltlerde (bölümlerde) bulunabilir. Prosesler ve faaliyetler için Fonksiyonel Güvenliğe özel tavsiyelerin yanı sıra, test uzmanı tarafından kullanılacak teknikleri de içerirler.

Bu bağlamda standart, uygulanabilir tüm teknikler veya faaliyetlerle ilgili olarak “yöntem” terimini kullanmaktadır. Bu noktada, Fonksiyonel Güvenlik terminolojisi ISTQB® terimlerinden biraz farklıdır. ISO 26262'nin aşağıdaki yöntemleri , test uzmanının özel ilgi alanına girmektedir:

- Test tasarım teknikleri (örn. denklik bölümleme, sınır değer analizi, ...)
- Test yürütme teknikleri (örn. parça veya sistemin simülasyonu veya prototipi)
- Test türleri (örn. performans testi, ıslatma testi gibi fonksiyonel olmayan testler)
- Test ortamları (örn. HiL, araç, ...)
- Statik test teknikleri (örn. gözden geçirmeler, statik analiz, ...)

Yöntem tablosu, her ASIL seviyesi için standart tarafından önerilen yöntemi tanımlar.

Tablolar her zaman aynı yapıda tasarlanmıştır:

		ASIL A	**ASIL B**	**ASIL C**	**ASIL D**
1	Yöntem x	o	+	++	++
2	Yöntem y	o	o	+	+
3a	Yöntem z1	+	++	++	++
3b	Yöntem z2	++	+	o	o

Tablo 1: Bir Yöntem tablosu örneği

Her yöntem için, ASIL seviyesine bağlı olarak, kullanımının tavsiye edilip edilmediği (+) veya hatta şiddetle tavsiye edilip edilmediği (++) belgelenir. İsteğe bağlı (o) olarak işaretlenen yöntemler için, standart tarafından kullanımı lehinde veya aleyhinde herhangi bir öneri sunulmamıştır.

ISO 26262 ayrıca tablolarda eşdeğer alternatif yöntemlerden de bahseder (yukarıdaki örnekte, satır 3a ve 3b). Burada, test uzmanının ilgili gereksinimleri ASIL uyumlu bir şekilde kontrol edebilmesi için uygun kombinasyonu seçmesi gerekir. Kombinasyon seçimi test uzmanı tarafından açıklanmalıdır.

Alternatifsiz yöntemlerde (örnekte 1. ve 2. satırlar), bu seçim seçeneğine izin verilmez. Burada test uzmanı, ilgili ASIL seviyesi için şiddetle tavsiye edilen tüm yöntemleri uygulamalıdır.

Yukarıdaki örnekten, ASIL C uyarınca bir gereksinimin kanıtlanması için aşağıdaki yöntemler türetilebilir:

- Yöntem x: şiddetle tavsiye edilir, bu nedenle normalde ISO 26262'ye uygun olarak geliştiriliyorsa uygulanmalıdır
- Yöntem y: tavsiye edilir, bu nedenle kanıt için yararlı olması halinde uygulanmalıdır
- Yöntemler z1 ve z2: burada, ASIL C için daha yüksek seviyeye sahip olduğu için en azından yöntem z1 seçilmelidir.

ISO 26262, test uzmanının tablolarda belirtilenler dışında başka yöntemler de kullanmasına izin verir. Ancak bu durumda, test uzmanı (veya uzmanları) tarafından alternatif olarak seçilen yöntemin kullanışlılığını ve uygunluğunu açıklamalıdır. [ISO 26262]

2.3 AUTOSAR (K1) [15 Dakika]

Giriş

AUTOSAR, “AUTomotive Open System ARchitecture” (Otomotiv Açık Sistem Mimarisi) ve arkasındaki geliştirme ortaklığının kısaltmasıdır. Bu ortaklık 2003 yılında kurulmuştur ve ağırlıklı olarak otomotiv endüstrisinin üretici ve tedarikçilerini içermektedir. Ortaklığın amacı şudur: “Araç ortamında bir yazılım mimarisi için serbestçe kullanılabilen bir standart oluşturmak ve tesis etmek”. Dolayısıyla bu standart, yazılımın artan önemini ve karmaşıklığını ele almayı amaçlamaktadır [14]. Günümüzde AUTOSAR, E/E sistemleri için küresel olarak oluşturulmuş bir standarttır. Bu nedenle, test uzmanı kesinlikle AUTOSAR ürünleri ile temas halinde olacaktır. Bu nedenle, test uzmanlarının AUTOSAR'ın hedeflerini, temel tasarımını ve test uzmanlarının çalışmalarıyla temas noktalarını bilmesi önemlidir.

2.3.1 AUTOSAR'ın Amaçları (K1) [5 Dakika]

AUTOSAR için aşağıdaki proje hedefleri “Standartlarda iş birliği, uygulamada rekabet” ilkesi tarafından yönlendirilmektedir: [14, 15]:

1. Yazılımın aktarılabilirliğini (taşınabilirliğini) desteklemesi
2. Farklı araç ve platform varyantlarına ölçeklenebilirliği desteklemesi
3. Farklı fonksiyonel alanları desteklemesi
4. Sürdürülebilir olduğu kadar ayarlanabilir ve genişletilebilir açık bir mimarinin tanımı
5. Kullanılabilirlik, güvenilirlik, güvenlik (fonksiyonel olduğu kadar siber güvenlik açısından da “güvenlik ve güvenlik”) - bütünlük ve sürdürülebilirlik ile karakterize edilen güvenilir sistemlerin geliştirilmesini desteklemesi
6. Doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımını desteklemesi
7. Çeşitli ortaklar arasındaki iş birliğini desteklemesi
8. Otomotiv elektronik kontrol ünitelerinin (ECU'lar) temel yazılım fonksiyonelliğinin standartlaştırılması
9. Araçlar ve en son teknolojiler için geçerli otomotiv standartlarının desteklenmesi.

2.3.2 AUTOSAR'ın Genel Yapısı (K1) [Bilgilendirici] [5 Dakika]

AUTOSAR'ın mimarisi üç ayrı katmandan oluşmaktadır:

- AUTOSAR yazılım bileşenlerini (SW-C) içeren, donanımdan bağımsız katman.
- Standartlaştırılmış temel yazılım (BSW) içeren donanım odaklı katman.
- AUTOSAR çalışma zamanı ortamı (RTE) ile soyutlama katmanı. Bu, elektronik kontrol ünitelerinin içindeki ve dışındaki veri alışverişini kontrol eder ve bunu yazılım bileşenleri arasında olduğu kadar yazılım bileşenleri ve temel yazılım arasında da uygular.

Diğer bir husus ise kontrol ünitesi yazılımının uyumlu bir şekilde geliştirilmesi için AUTOSAR metodolojisidir. Bu kapsamda, OEM'ler (otomobil üreticileri) ve tedarikçiler AUTOSAR şablonları (“arxml dosyaları” olarak adlandırılır) aracılığıyla açıklama dosyaları hakkında bilgi alışverişinde bulunurlar. [14, 16]:

- “ECU yapılandırma açıklaması”, SW-C'nin elektronik kontrol ünitesine entegrasyonu için verileri içerir.
- “Sistem yapılandırma açıklaması”, bir araçtaki tüm kontrol ünitelerinin entegrasyonu için verileri içerir.
- “ECU özütü” tek bir elektronik kontrol ünitesi için ‘sistem yapılandırma açıklaması’ verilerini içerir.

2.3.3 AUTOSAR'ın Test Uzmanının Çalışması Üzerindeki Etkisi (K1) [5 Dakika]

AUTOSAR, özellikle aşağıdaki test seviyelerinde test uzmanının çalışmasını etkiler[18]:

- Sanal bir ortamda yazılım bileşeni testi ve yazılım entegrasyon testi (örn. döngüde yazılım): Sanal bir BSW ve RTE yardımıyla, bir test uzmanı uygulamanın SW-Bileşenlerini erkenden test edebilir [17, 18].
- Gerçek kontrol ünitesinde yazılım testi ve yazılım entegrasyon testleri: Burada, test uzmanı RTE üzerindeki iletişime erişim sağlar. Bu sayede, test uzmanı SW-C'nin davranışını çalışma zamanında ölçebilir ve uyarabilir [19].
- AUTOSAR kabul testi, iletişim ve uygulama seviyelerinde AUTOSAR fonksiyonelliğinin uyumluluğunu sağlayan yazılım sisteminin bir testidir. AUTOSAR kabul testinin yürütülmesi isteğe bağlıdır [20, 21].
- Sistem entegrasyon testi: Farklı elektronik kontrol ünitelerinin (örneğin; , araçta da) fonksiyonel entegrasyonu ve bağlantısı. Eksik, muhtemelen dağıtılmış işlevleri simüle ederek, test uzmanı sistem davranışını erken değerlendirebilir [17].

[18] acc. Test seviyeleri; ayrıca bkz. 2.4.2

2.4 Karşılaştırma (K2) [20 Min]

2.4.1 ASPICE ve ISO 26262'nin Amaçları (K1) [5 Dakika]

Ürün geliştirme için gereksinimler öneren çeşitli standartlar vardır. Bunlar genellikle geliştirmenin farklı yönlerini vurgular. ISO 26262 ve ASPICE burada hedefleri açısından karşılaştırılmaktadır.

ISO 26262 [3], uygun gereklilikler ve süreçler sunarak geliştirmedeki sistematik hatalardan ve operasyondaki donanım hatalarından kaynaklanan riskleri önleme amacına sahiptir. E/E sistemlerinin geliştirilmesi için, test uzmanı tarafından kullanılacak süreçler ve yöntemler için gereksinimleri tanımlar. Bunlar, öğenin ASIL seviyesine bağlıdır.

ASPICE [9], değerlendirmeler çerçevesinde ürün geliştirme sürecinin kapasitesini belirleme amacına hizmet eder. Bunu yapmak için ASPICE bu süreçler için değerlendirilebilir kriterler tanımlar. ISO 26262'nin aksine, bunlar kritiklikten ve ürünlerin ASIL seviyesinden bağımsızdır.

2.4.2 Test Seviyelerinin Karşılaştırılması (K2) [15 Dakika]

Hem ISO 26262 hem de ASPICE test seviyelerini tanımlamaktadır. Ancak bunlar CTFL® [21] test seviyeleri ile tamamen tutarlı değildir. Bu nedenle, verimli ve etkili bir iş birliği için test uzmanlarının tüm test seviyeleri hakkında ortak bir anlayışa sahip olması gerekir.

ASPICE'ta kullanılan “sistem” terimi ve ISO 26262'de kullanılan “sistem” ve “öğe” terimleri, donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşan bir ürünü ifade eder. Ancak CTFL®, “sistem” terimini kullanırken yazılıma atıfta bulunmuştur. Bu nedenle, ISTQB® [21] uyarınca test seviyeleri ISO 26262 ve ASPICE'deki test seviyelerine aşağıdaki şekilde eşleştirilebilir:

<table>
<tr><th>ISTQB®</th><th>ISO 26262</th><th>ASPICE 3.0</th></tr>
<tr><td>Kabul testi</td><td>Güvenlik doğrulaması (4-9)[19]</td><td>Eşdeğeri yok</td></tr>
<tr><td>Sistemler sistemi testi[20]</td><td rowspan="2">Öğe entegrasyonu ve testi (4- 8)[21]</td><td>Sistem yeterlilik testi (SYS.5)</td></tr>
<tr><td>Sistem entegrasyon testi</td><td>Sistem entegrasyonları testi (SYS.4)</td></tr>
<tr><td>Sistem testi</td><td rowspan="2">Yazılımın Doğrulanması-güvenlik gereksinimleri (6-11)
Yazılım entegrasyonu ve testi (6- 10)</td><td>Yazılım nitelik testi (SWE.6)</td></tr>
<tr><td>Bileşen entegrasyon testi</td><td>Yazılım entegrasyon testi (SWE.5)</td></tr>
<tr><td>Bileşen testi</td><td>Yazılım-Birim-Testi (6-9)</td><td>Yazılım birimi doğrulaması (SWE.4)</td></tr>
</table>

Tablo 2: Test seviyelerinin belirlenmesi

[19] Güvenlik doğrulaması, ISTQB'ye göre yalnızca kabul testinin bazı bölümlerini kapsar.

[20] Çeşitli heterojen dağılmış sistemlerin test edilmesi [34, 39]

[21] Öğe entegrasyonu ve testi üç aşamadan oluşur: bir öğenin donanım ve yazılımının entegrasyonu ve testi, öğeye ait tüm öğelerin entegrasyonu ve testi ve öğenin araçtaki diğer öğelerle bağlantılı olarak entegrasyonu ve testi.

ISTQB® CTFL® Core Syllabus'a göre ([21], [48]) test teknikleri çoğunlukla test seviyelerinden bağımsız olarak uygulanabilir. ASPICE da genellikle test seviyelerine herhangi bir teknik atamaz. Bu nedenle, her ikisi de seçimi test uzmanlarına bırakmaktadır. Öte yandan ISO 26262'de, her test seviyesi için ayrı yöntem tabloları vardır (bkz. Bölüm 2.2.5 ve 2.2.4.2). Bunlar, test uzmanına ASIL seviyesine bağlı olarak hangi teknikleri kullanması gerektiğine dair öneriler sunar.

3 Sanal ortamda test etme (K3) [160 Dakika]

Terimler

Döngü içindeki Model (MiL), Döngü içindeki Yazılım (SiL), Döngü içindeki Donanım (HiL), Açık Döngü Sistemi, Kapalı Döngü Sistemi, Ortam Modeli (Otomotiv)

Öğrenme hedefleri

AUTFL-3.1.1 Otomotiv geliştirmede bir test ortamının amacı/motivasyonu hatırlayın. (K1)

AUTFL-3.1.2 Otomotive özgü bir test ortamının genel bileşenlerini hatırlayın. (K1)

AUTFL-3.1.3 Kapalı devre sistemleri ile Açık devre sistemleri arasındaki farkları hatırlayın. (K2)

AUTFL-3.1.4 Bir otomotiv kontrol ünitesinin temel işlevlerini, veritabanlarını ve protokollerini hatırlayın.(K1)

AUTFL-3.2.1.1 MiL test ortamının yapısını hatırlayın. (K1)

AUTFL-3.2.1.2 MiL test ortamının uygulama alanını ve sınır koşullarını açıklayın. (K2)

AUTFL-3.2.2.1 Bir SiL test ortamının yapısını hatırlayın. (K1)

AUTFL-3.2.2.2 SiL test ortamının uygulama alanlarını ve sınır koşullarını hatırlayın. (K1)

AUTFL-3.2.3.1 Bir HiL test ortamının yapısını hatırlayın. (K1)

AUTFL-3.2.3.2 HiL test ortamının uygulama alanlarını ve sınır koşullarını hatırlayın. (K2)

AUTFL-3.2.4.1 XiL test ortamlarının (MiL, SiL ve HiL) kriterlerine yardımcı olarak test etmenin avantajlarını ve dezavantajlarını özetleyin. (K2)

AUTFL-3.2.4.2 Verilen test kapsamının bir veya daha fazla test ortamına atanması için kriterleri uygulayın. (K3)

AUTFL-3.2.4.3 Üç XiL test ortamını (MiL, SiL, HiL) V-modelinde sınıflandırın. (K1)

3.1 Genel Olarak Test Ortamı (K2) [30 Dakika]

3.1.1 Otomotiv geliştirmede test ortamının motivasyonu (K1) [5 Dakika]

Test uzmanı, farklı zorluklarla karşı karşıyadır. Bir yandan, geliştirme sürecinde hataları erken bulmak için mümkün olduğunca erken teste başlaması beklenir. Diğer yandan, sistemi test etmek ve tamamlanmış üründe ortaya çıkabilecek hataları bulmak için gerçekçi bir ortama ihtiyaç duymaktadır. Test uzmanı, farklı geliştirme aşamalarına uygun test ortamlarını kullanarak bu çatışmayı çözebilir. Bu şekilde, tamamen üretilmiş veya geliştirilmiş bir elektronik kontrol ünitesi (ECU) mevcut olmadan önce, bireysel test görevlerini uygulayabilir ve gerçekleştirebilir. Farklı test ortamları kullanarak, örneğin; kablo demetlerinde kısa devreler ve açık devreler veya ağ iletişimlerindeki aşırı yük gibi, gerçek araçta yeniden üretmesi zor olan durumları simüle edebilir ve test senaryolarını gerçekleştirebilir. [24]

3.1.2 Test Ortamının Genel Parçaları (K1) [5 Dakika]

Test uzmanının faaliyetlerini gerçekleştirebilmesi için, eksik parçaların simüle edildiği bir test ortamına ihtiyacı vardır. Bu ortam, test edilen nesnenin girişlerini uyarmak ve çıktıları gözlemlemek için yardımcı olur; bu gözlem noktalarına "kontrol noktası" (PoC) ve "gözlem noktası" (PoO) denir. ISO/IEC/IEEE 29119'a göre, bir test ortamı aşağıdaki parçalardan oluşur:

- Test ortamının donanımı (bilgisayar, gerekirse gerçek zamanlı çalışabilen bir bilgisayar, test tezgahı, geliştirme kiti, ...)
- Test ortamının yazılımı (işletim sistemi, simülasyon yazılımı, ortam modelleri)
- İletişim olanakları (ağlara erişim, veri kaydedici)
- Araçlar (osiloskop, ölçüm araçları)
- Laboratuvar (elektromanyetik radyasyon ve gürültüden korunma)

Test ortamının önemli bir kısmı ortam modelidir. Modeller, sanal test ortamının önemli bir parçasıdır. Bunlar, içten yanmalı motor, şanzımanlar, araç sensörleri ve elektronik kontrol üniteleri gibi gerçek dünyanın yönlerini temsil eder veya hatta sürücü ya da yol koşullarını da kapsayabilir. Test ortamının ayrıca farklı erişim noktaları vardır. Test uzmanı, bunları test öğesini ölçmek ve gözlemlemek için kullanabilir.[25].

3.1.3 Kapalı döngü ve Açık döngü arasındaki farklar (K2) [15 Dakika]

Test ortamı, test edilen cihazın giriş arayüzlerini uyarmak ve çıkış arayüzleri aracılığıyla çıkışlarını izlemek için kullanılır. Daha sonra, çıkış arayüzlerindeki davranış analiz edilir. Başarılı bir testte, gözlemlenen davranış beklenen çıktıya karşılık gelir.

Genel olarak, kapalı devre ve açık devre olmak üzere iki tür kontrol sistemi vardır. Aradaki fark, elektronik kontrol ünitesinin çevresine tepki verme şekline dayanır ve bu da sanal test ortamı için farklı simülasyon gereksinimleri oluşturur.

3.1.3.1 Açık Döngü Sistemi

Açık Döngü Sisteminde, sistemin çıktılarının girişlerle bir ilişkisi yoktur. Sistem açık uçludur ve geri bildirim yoktur. Bu durumda, test öğesinin girişleri test prosedüründe test uzmanı tarafından doğrudan tanımlanır.

Açık devre ve kapalı devre sistemlerinin uygulama durumu, test öğesinin çalışma prensibine bağlı olarak büyük ölçüde değişir. Eğer test öğesi reaktif bir davranış sergiliyorsa veya bir durum makinesini yansıtıyorsa, Açık Döngü Sistemi tercih edilir. İç mekan ve şasi elektroniğinde açık devre sistemlerinin birçok örneği bulunmaktadır (örneğin; ışıklar ve anahtarlar).

3.1.3.2 Kapalı Döngü Sistemi

Kapalı Döngü Sistemindeki uyarım (Döngü içi olarak da bilinir) test öğesinin çıktısını dikkate alır. Bu, çıktıları toplayan ve bunları doğrudan veya dolaylı olarak test öğesinin girişine ileten bir ortam modeli aracılığıyla yapılır. Bu nedenle, test ortamında bir kontrol döngüsü oluşturulur.

Kontrolörlerin test edilmesi için Kapalı devre sistemleri daha sık kullanılır. Bu sayede test cihazı, motor ve vites kontrolleri gibi karmaşık fonksiyonların yanı sıra kilitlenmeyi önleyici fren sistemi (ABS®) veya araç dinamiği kontrolü (ESP®) gibi sürücü destek sistemlerini de test edebilir. [26, 27]

3.1.4 Elektronik kontrol ünitesinin temel arayüzleri, veritabanları ve iletişim protokolleri (K1) [5 Dakika]

Otomotiv ortamında bir kontrol ünitesi, donanım ve yazılımdan oluşan bir gömülü sistemdir. Elektronik kontrol ünitesi, sürekli olarak voltaj, akım ve sıcaklık biçiminde çevresel verileri toplayan farklı analog ve dijital girdileri alır. Ayrıca, iletişim veri yolu sistemleri, sensörlerden veya bilgileri kendileri toplayıp işleyen veya üreten diğer elektronik kontrol ünitelerinden gelen ilave bilgileri kontrol ünitesine sağlar. Test nesnesi, çıktı eylemini, bilgileri veya verileri işlemek için verileri hafızada yönetir. Üretilen çıktılar, ayrıca analog ve dijital çıkış pinleri, veri yolu sistemleri veya tanılama arayüzleri aracılığıyla gerçekleştirilir.

Veritabanları, veri ambarlarıdır ve kontrol ünitesinin giriş ve çıkış sinyallerini tanımlar. Bu veriler ayrıca sinyallerin tanımları, birimleri ve dönüşüm formüllerini de içerir.

İletişim protokolleri ilgili fiziksel arayüzler aracılığıyla veri değişimini tanımlar. Bu protokoller, hangi voltaj veya bit dizisinin sinyalin hangi değerini temsil ettiğini belirler.

Elektronik kontrol ünitesinin fonksiyonuna bağlı olarak, veri tabanı ve iletişim protokolünün seçimi yapılır. Örneğin, kontrol ünitesindeki tanı (diagnosis) fonksiyonlarına erişmek için, test uzmanının kullanılan veri tabanı (örneğin; ASAM MCD2 D; ayrıca “Open Diagnostic Data Exchange”) ve iletişim protokolü (“Unified Diagnostic Services” ISO 14229 uyarınca) hakkında bilgiye ihtiyacı vardır. Ayrıca, otomotive özgü diğer veri tabanları ASAM standardında tanımlanmıştır [27, 28].

3.2 XiL test ortamlarında test etme (K3) [130 Dakika]

Otomotiv endüstrisinde aşağıdaki XiL-test ortamları kullanılmaktadır:

- Döngü içindeki Model (MiL),
- Döngü içindeki Yazılım (SiL),
- Döngüdeki İşlemci[22] (PiL),
- Döngü içindeki Donanım (HiL),
- Döngüdeki Araç (ViL)[23]

Burada test uzmanı, test ortamları (MiL, SiL ve HiL) ile tanışmalı ve bunları anlamalıdır. Aşağıdaki paragraflar, farklı test ortamlarının yapısı ve uygulama alanlarına daha derinlemesine bakmaktadır. Bu bağlamda XiL, farklı test ortamları için genel bir terim olarak kullanılmaktadır.

3.2.1 Döngü içindeki Model (MiL) (K2) [20 Min]

3.2.1.1 MiL test ortamının yapısı

Bir MiL test ortamında, test öğesi bir model olarak mevcuttur. Bu model çalıştırılabilir ancak özel bir donanım için derlenmemiştir. Bu tür modeller, geliştiriciler tarafından özel modelleme araçları kullanılarak oluşturulur. Test uzmanın bu modelleri çalıştırabilmesi ve test edebilmesi için bir test ortamına ihtiyacı vardır. Bu ortam çoğunlukla test öğesinin kendisi ile aynı geliştirme ortamında uygulanır. Bu test ortamı ayrıca bir çevre modeli de içerebilir. Test uzmanı, test öğesini erişim noktaları aracılığıyla uyarabilir ve gözlemleyebilir. Erişim noktaları, test öğesinin modelinde ve çevre modelinde rastgele yerleştirilebilir. Test öğesinin modeli çevre modeline bağlanır ve kolayca Kapalı-Döngü (Closed-Loop) sistemi olarak uygulanıp kullanılabilir.

3.2.1.2 Bir MiL test ortamının uygulama alanları ve sınır koşulları

Bir MiL test ortamıyla, test uzmanı fonksiyonel sistem tasarımını test edebilir. Geliştirme sürecinde (genel V-modeli takip edilerek) test uzmanı, tekil bileşenlerden tüm bir sisteme kadar test gerçekleştirebilir. Testi yürütmek için test uzmanının bir bilgisayara ve ortam modelini içeren uygun simülasyon yazılımına ihtiyacı vardır. Test öğesinin işlev kapsamı arttıkça ortam modeli daha karmaşık hale gelir. Gerçeklik ve çevresel faktörlerin karmaşıklığı artar. Modellerin yürütme süreleri de orantısız olarak artar. Bu nedenle, gelişimin belirli bir aşamasından itibaren bir MiL test ortamını uygulama çabası artık faydalı olmaz.[24]

Bir MiL test ortamı kullanarak test uzmanı, geliştirmenin erken aşamasında (V-Modelinin sol tarafı) tüm geliştirme seviyelerindeki modellerin fonksiyonelliğini test edebilir. Ancak ortam modelinin veri yolu veya teşhis işlevlerini veya fiziksel davranışı (kablo kopmaları veya kısa devre gibi) simüle etmesini sağlamak yaygın değildir. Bu görevler diğer test ortamları ile daha kolay ve daha az maliyetle gerçekleştirilebilir.

Bir MiL test ortamında, testin gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmediği dikkate alınmalıdır. Tüm bileşenler bir model olarak mevcut olduğundan, testin yürütülmesi simülasyon zamanında gerçekleşir. Bir sistem ne kadar karmaşıksa, bilgisayarın gerekli tüm bilgileri sağlamak için o kadar fazla işlem süresi veya gücü sağlaması gerekir. Küçük sistemlerde simülasyon süresi, gerçek zamanlı yürütmeden daha kısa olur. Ancak büyük bir avantaj, test uzmanının simülasyonu istediği zaman duraklatıp detaylı analizler ve değerlendirmeler yapabilmesidir.

---

[22] Bu test ortamı bu ders programında dikkate alınmamış olup tamamen bilgilendiricidir.
[23] Bu test ortamı bu ders programında dikkate alınmamış olup tamamen bilgilendiricidir.
[24] Bu, diğer tüm XiL ortamları için de geçerlidir.

3.2.2 Döngü içindeki Yazılım (SiL) (K1) [10 Dakika]

3.2.2.1 SiL test ortamının yapısı

Test nesnesi belirli bir SiL test ortamı için derlenmiştir. Bu, kaynak kodunun belirli bir bilgisayar mimarisi için bir yazılım aracıyla derlendiği anlamına gelir. Bu makine kodu yalnızca test ortamı tarafından okunabilir çünkü ikili veri kümesi içerir. Test ortamının sinyallere erişebilmesi için bir sarıcıya ihtiyaç vardır. Sarıcı, makine kodu için özel bir erişim arayüzü oluşturan ek bir yazılımdır. Bu nedenle, test uzmanı yazılım sinyallerini uyarabilir ve bunları gözlemleyebilir. Sarıcı, test nesnesine erişim noktalarını tanımlar ancak fonksiyonel görevlerini yerine getirmez.

Simülasyon için bir çevre modeli gereklidir. Test nesnesi, sarıcı yardımıyla test ortamına bağlanır. Test yürütmesi, özel donanım olmayan bir bilgisayarda gerçekleştirilir. Test uzmanının, test ortamına erişim noktaları ile test nesnesi için bir sarıcı oluşturabilen bir yazılım aracına ihtiyacı vardır.

3.2.2.2 SiL Test Ortamının Uygulama Alanları ve Sınır Koşulları

Geliştirici bir model temelinde kaynak kodu oluşturduğunda, yazılımın gerçek davranışı beklenen davranıştan farklı olabilir. Bu, modeldeki farklı veri türlerinden (çoğunlukla ondalık) ve derlenmiş yazılım kodundaki (çoğunlukla sabit nokta) veya farklı bellek alanlarından kaynaklanabilir. Beklenen davranıştaki bu sapmalar ilk kez bir SiL test ortamında test edilebilir. Test uzmanı, davranışı karşılaştırmak için arka arkaya test gibi teknikler kullanabilir.

Test uzmanı, MiL test ortamına benzer şekilde testleri simülasyon süresinde çalıştırır. Hesaplama tekniğine ve çevre modelinin karmaşıklığına bağlı olarak, bu simülasyon süresi gerçek zamandan daha kısa veya daha uzun olabilir. Test uzmanı, detaylı analiz ve değerlendirmeler yapmak için yürütmeyi istediği zaman duraklatabilir. Fonksiyonel, arayüz ve regresyon testleri, SiL test ortamında değerlendirilebilen oldukça yaygın test türleridir. Öte yandan, performans ve güvenilirlik testleri alışılmadık olup, bu yazılım özellikleri genellikle hedef donanımdan etkilenir.

3.2.3 Döngü içindeki Donanım (HiL) (K2) [20 Dakika]

3.2.3.1 HiL test ortamının yapısı

Test öğesi bir prototip olarak mevcutsa veya tamamen geliştirilmişse, test uzmanı testleri yürütmek için bir HiL test ortamı kullanabilir. Bir HiL test ortamının tipik parçaları şunlardır:

- Farklı besleme gerilimleri ayarlamak için bir güç kaynağı
- Ortam modelinin çalışması için gerçek zamanlı bir bilgisayar
- Ortam modelinde yer almayan birkaç gerçek parça
- Sinyal türü ve sinyal genliği için bir sinyal işleme
- Kablo kopmaları ve kısa devrelerin simülasyonu için bir hata ekleme birimi (FIU, ayrıca 4.2.3)
- Kablo demetindeki ek erişim arayüzü olarak bir ayırma kutusu
- Mevcut olmayan veri katılımcılarının simülasyonu için bir kalan veri simülasyonu.

3.2.1.1 HiL test ortamının uygulama alanları ve sınır koşulları

HiL test ortamındaki erişim noktaları çeşitlidir. Test uzmanı, test öğesine yanlış erişim noktalarını kullanmanın test sonuçlarını geçersiz hale getirebileceğinin farkında olmalıdır. HiL test ortamındaki farklı erişim noktalarını ve bağlantılarını bilmek, etkili testlerin uygulanmasını, yürütülmesini ve değerlendirilmesini sağlar.

HiL test ortamı, birçok bileşene sahip olduğundan, daha önce bahsedilen MiL ve SiL test ortamlarına göre daha karmaşıktır. Test uzmanı, test görevlerini yerine getirebilmek için bu karmaşıklığı yönetebilmelidir. HiL test ortamı, bileşen testleri, entegrasyon testleri ve sistem testleri için kullanılabilir. Amacı, yazılım ve donanımdaki fonksiyonel ve fonksiyonel olmayan hataları bulmaktır.

HiL test ortamları yardımıyla, farklı test seviyeleri analiz edilebilir. Test öğesi tek bir elektronik kontrol ünitesi (ECU) ise, buna bileşen[25] HiL denir. Test öğesi birden fazla elektronik kontrol ünitesinin kombinasyonundan oluşuyorsa, sistem HiL olarak adlandırılır. Test uzmanı, bileşen HiL'i kullanarak kontrol ünitesinin fonksiyonlarını test eder. Sistem HiL'de ise odak, elektronik kontrol üniteleri arasındaki veri alışverişinin test edilmesi ve tüm sistemin sistem testi üzerindedir.

Daha önce bahsedilen test ortamlarının (MiL ve SiL) aksine, HiL test ortamında simülasyon süresi her zaman gerçek zamanlı olarak çalışır. Bunun nedeni, yazılımın gerçek bir donanım üzerinde çalışıyor olmasıdır. Bu test ortamında duraklatma veya durdurma işlemi artık mümkün değildir. Bu nedenle, test ortamı belirlenmiş bir süre içinde tüm ilgili sinyalleri toplayıp sunabilen gerçek zamanlı bir bilgisayar içerir.

3.2.4 XiL test ortamlarının karşılaştırması (K3) [80 Dakika]

3.2.4.1 XiL test ortamlarında test yapmanın avantajları ve dezavantajları

Test uzmanı, farklı test ortamlarının özelliklerini anlar. Bu sayede, her ortamda test yapmanın avantaj ve dezavantajlarını kavrayıp değerlendirebilir. Kriterler, tablo 3'te gösterilmiştir.

Kriterler	MiL test ortamı	SiL test ortamı	HiL test ortamı
Gerçekliğe yakınlık	Düşük	Düşük ile orta	Yüksek
	Gerçeklik simüle edilir, birçok özellik soyutlanmıştır, odak yapılar ve mantık üzerinedir	Derlenmiş gerçek yazılım (donanım olmadan) çalıştırılabilir	Entegre sistem çalışabilir durumda
Hata ayıklama zamanı ve çabası	Düşük	Orta	Yüksek
	Test öğesinin modelindeki hatalar bulunur (model ayarlaması)	Programlanmış yazılımdaki hatalar bulunur (yazılım ayarlaması)	Sistem seviyesinde hatalar bulunur (sistem ayarlaması)
Uygulama ve bakım için çaba	Düşük	Orta	Yüksek
	Ortam modeli oluşturulur	Ortam modeli ve sarıcı oluşturulur	Ortam modeli oluşturulur ve donanım bileşenleri bağlanır

[25] Bu durumda "bileşen" terimi, bir E/E sistemi bağlamında elektronik kontrol ünitesi (ECU) için kullanılmaktadır.

Test hazırlığı için çaba	Düşük	Orta	Yüksek
	Çevre hızlı bir şekilde kurulabilir	Çevre hızlı bir şekilde kurulabilir	Testlerin tasarımı, uygulanması ve değerlendirilmesi yüksek çaba gerektirir
Test öğesinin gerekli olgunluk seviyesi	Düşük	Orta	Yüksek
	Sistem modelleri simüle edilir	İlk işlevler hedef yazılımla test edilir	Bir veya daha fazla çalıştırılabilir elektronik kontrol ünitesi veya kısmi sistemler mümkün olduğunca tamamen test edilir
Test temeli (spesifikasyon) için gerekli detay seviyesi	Orta	Orta ile Yüksek	Yüksek
	Tamamlanmamış spesifikasyon olmadan, spesifikasyonu belirlemeye kısmen katkıda bulunan modeller test edilir	İlgili bilgi yazılım seviyesinde mevcut olmalıdır (detaylı bileşen spesifikasyonu)	Gereksinimler sistem seviyesinde test edilebilir (tam sistem spesifikasyonu)
Test öğesine erişim	Yüksek	Orta	Düşük
	Modeldeki tüm sinyaller gözlemlenebilir ve kontrol edilebilir.	Yalnızca sarmalayıcıda mevcut sinyaller gözlemlenebilir ve kontrol edilebilir.	Yalnızca donanımda veya iletişim protokollerinde mevcut sinyaller gözlemlenebilir ve kontrol edilebilir.

Tablo 3: MiL, SiL ve HiL test ortamları için kriterler ve bunların etkisi

3.2.4.2 Test senaryolarının bir veya daha fazla test ortamına tahsisi

Aşağıdaki tabloda test hedefleri daha ayrıntılı bir şekilde tanımlanmış ve uygun test ortamlarına atanmıştır.

Test türü	Açıklama Örnekleri	MiL	SiL	HiL
Müşteri gereksinimlerini test etme	Gereken fonksiyonelliğin doğru sağlanması. Bu, girişin doğru işlenmesi, girişe doğru tepki verilmesi ve çıkış noktasında doğru veri çıktısının sağlanmasını içerir.	O	O	+
Hata tespiti ve yönetimi mekanizmaları	• Rastgele donanım hatalarının tespiti ve yönetimi • Yazılım hatalarının tespiti ve yönetimi • Hatalar tespit edildikten sonra güvenli bir duruma geçiş – örneğin; bir sistemin devre dışı bırakılması	+	+	+
Konfigürasyon verilerine tepkiyi test etme	Test nesnesinin davranışına konfigürasyon verilerinin (parametre setleri veya varyant kodlama gibi) etkisini kontrol etme.	O	+	+
Tanılama işlevlerini test etme	Gereken tanılama fonksiyonelliğinin doğru sağlanması, örneğin; hata tespiti, hata ayarlama ve sıfırlama gereksinimi ile hata hafızasında hata ayarlama (örneğin; Araç İçi tanılama veya garajda)	-	+	+

Arayüzlerdeki etkileşimi test et	Test nesnesinin iç ve dış arayüzlerini kontrol et	O	+	+
Kullanılabilirliği kanıtlama	Gözlemlenen test nesnesi, kullanıcı tarafından talep edildiği gibi ve beklendiği gibi kullanılabilir olmalıdır.	-	O	+
Anahtar: + önerilen, o mümkün, - mantıklı değil				

Tablo 4: MiL, SiL ve HiL Test Ortamlarındaki Test Türlerinin Karşılaştırması

Bu tablo, test ortamlarının belirli test hedefleri için uygun olabileceğini göstermektedir. Bu çeşitlendirilmiş yaklaşım, özellikle arıza tespiti ve yönetimi mekanizmalarının test edilmesinde belirgin hale gelir. "Önceliklendirme"[26] ilkesine uygun olarak, genel sonuç, temel gereksinim ve tasarım hatalarının, testler aracılığıyla erken bir aşamada tespit edildiğidir. Bu nedenle, MiL genel tasarım hatalarının tespiti için kullanılırken, SiL çoğunlukla teknik yazılım hataları için ve HiL teknik donanım/yazılım hataları için kullanılmaktadır. Ayrıca, stabilite ve güvenilirliğin kanıtlanmasının yanı sıra, verimlilik ve performans ile kullanılabilirlik dışında, tüm test türlerinin test öğesinin fonksiyonel uygunluğuna odaklandığını belirtmek önemlidir.

Test stratejisinde, test uzmanı (test yöneticisi rolünde) test kapsamını birkaç farklı test ortamına atar. Tablo 3 ve 4'teki kriterlerin birleştirilmesiyle test yöneticisi en uygun test ortamını seçebilir.

3.2.4.3 Genel V-modelinde XiL test ortamlarının (MiL, SiL, HiL) sınıflandırılması

Teknik sistem tasarımı V-modelinin sol tarafındadır. Test uzmanı bu tasarımı MiL test ortamıyla test edebilir. Test öğesi ve MiL test ortamı daha da geliştirildiğinde, test uzmanı bu test ortamıyla bileşen ve entegrasyon testleri de gerçekleştirebilir.

Test uzmanı, test öğesinin tek bileşenleri programlandığında ve derlendiğinde SiL test ortamını kullanabilir. SiL test ortamı için tipik testler, bileşen ve entegrasyon testleridir. Bu testler, V-modelinin sağ tarafında yer almaktadır.

Sistem testlerinde, test öğesinin belirli fonksiyonellikleri tamamen geliştirilmiştir. Test uzmanı, sistem testini HiL test ortamında gerçekleştirebilir. [24]

Test ortamının test seviyelerine doğru bir şekilde atanmasıyla, tüm test süreci aşağıdaki üç açıdan optimize edilebilir:

Ürün risklerini en aza indirme

- Test seviyesi özel hata türlerini bulma (örneğin; HiL ortamında sistem seviyesinde performans testleri)

Test maliyetlerini minimize etme

- Her test türü için uygun test seviyeleri gereklidir
- Testlerin daha önceki, daha az maliyetli ve sanal test seviyelerine aktarılması.

Standartlara uyum

- ISO 26262 standardının yöntem tablolarında, ASIL'e bağlı olarak test ortamları önerilmektedir.

[26] Bir hatanın ne kadar erken tespit edilirse, o kadar iyidir.

4 Otomotive özgü statik ve dinamik test teknikleri [230 Dk]

Terimler

Kodlama standartı, arka arkaya test

Öğrenme Hedefleri

Statik test teknikleri

AUTFL-4.1.1 MISRA-C:2012 yönergesinin amacı ve gereksinimlerini örneklerle açıklayın. (K2)

AUTFL-4.1.2 Test uzmanlarıyla ilgili ISO/IEC 29148 standardının kalite özelliklerini kullanarak gereksinimlerin gözden geçirilmesini uygulayın. (K3)

Dinamik test Teknikleri

AUTFL-4.2.1 Değiştirilmiş koşul/karar testi kapsamını sağlamak için test senaryoları oluşturun.(K3)

AUTFL-4.2.2 Arka arkaya testin kullanımını örnekler vererek açıklayın. (K2)

AUTFL-4.2.3 Hata enjekte etme testinin ilkesini örnekler vererek açıklayın. (K2)

AUTFL-4.2.4 Gereksinimlere dayalı testin ilkelerini hatırlayın. (K1)

AUTFL-4.2.5 Uygun ve gerekli test tasarım tekniklerinin seçimi için bağlama dayalı kriterleri uygulayın. (K3)

4.1 Statik test teknikleri (K3) [75 Dakika]

Giriş

Statik test, yazılım geliştirme ürünlerinin çalıştırılmadan incelenmesidir. Bu, insanların yaptığı değerlendirmeleri (gözden geçirme) ve araç destekli statik analizi içerir.

4.1.1 MISRA-C: 2012 Kılavuzları (K2) [15 Dakika]

Geliştiricinin programlama sırasında kodlama kılavuzlarına uyması, günümüzde çağın gerekliliklerinden biridir. ISO 26262 standardı da güvenlik açısından önemli yazılımlar için bu durumu önermektedir[27]. Kodlama standartları, yazılımda anormalliklerin oluşmasını önlemeye yardımcı olur; bu durumlar, potansiyel olarak hatalara yol açabilir. Aynı zamanda, geliştiricinin yazılımının bakımını ve taşınabilirliğini artırmasına destek sağlar.

MISRA-C:2012 Kılavuzları [15], C programlama dili için kılavuzlar içermektedir. İki tür kılavuz tanımlamaktadır:

- Kurallar, genel olarak statik analiz araçlarıyla doğrulanabilir. Örneğin, kaynak kodunun iç içe yorumlar içermemesi gerektiği.
- Yönergeler, statik analiz araçlarıyla tamamen doğrulanamaz. Bunun nedeni, genellikle geliştirme sürecinin detaylarına veya yazılımın dışındaki belgelere atıfta bulunmalarıdır. Örneğin, geliştiricinin uygulanan davranışı yeterince belgelendirip belgelendirmediği.

[27] Ayrıca bkz. [ISO 26262:2011] Bölüm 9 Tablo 6.

Her kılavuz, aşağıdaki üç zorunluluk seviyesinden birine göre kategorize edilmiştir:

- "tavsiye niteliğindeki" kılavuzlar, geliştirici tarafından çaba uygunsa takip edilmelidir.
- "gerekli" kılavuzlar, geliştirici tarafından yalnızca kesin bir şekilde açıklayabiliyorsa göz ardı edilebilir.
- "zorunlu" kılavuzlar, geliştirici tarafından izlenmelidir. İstisnalara izin verilmez.

Kuruluşlar, bir kuralın veya direktifin gereksinimini bireysel olarak artırabilirler, ancak asla azaltamazlar.

4.1.2 İhtiyaçların İncelenmesi İçin Kalite Özellikleri (K3) [60 Dakika]

Özellikler, geliştirme ve test için temel teşkil eder. Bu nedenle, bu özelliklerdeki hatalar, maliyet ve zaman açısından yoğun takip gerektiren faaliyetlere yol açar. Bu, özellikle hataların yalnızca kabul testleri veya işletme gibi geç geliştirme aşamalarında tespit edilmesi durumunda geçerlidir. İncelemeler, spesifikasyonlardaki hataları erken bulmak ve dolayısıyla bunları erken ve düşük maliyetle düzeltmek için etkili bir önlemdir.

Test analizi sırasında, test uzmanı test öğesinin spesifikasyonlarını kontrol etmelidir. Bu süreçte, spesifikasyonlar özellikle test temeli olarak uygunlukları açısından kontrol edilir. Kalite özellikleri, test uzmanının spesifikasyonların incelemeleri sırasında dikkatini odaklamasına ve olabildiğince fazla hatayı bulmasına yardımcı olur. ISO/IEC/IEEE 29148:2011, tekil gereksinimler ve gereksinim grupları için kalite özellikleri içermektedir.

ISO/IEC/IEEE 29148:2011'e göre, test uzmanları için önemli olan gereksinim özellikleri şunlardır

Bireysel gereksinimler veya bir gereksinim kümesi için özellikler:

- Doğrulanabilir: Her gereksinim statik veya dinamik testlerle doğrulanabilir.
- Belirsiz olmayan: Her gereksinim, net test koşullarını içerir.
- Tutarlı: Her gereksinim, kendi içinde ve diğer gereksinimlerle tutarlıdır.
- Tamamlandı: Her gereksinim, tüm olası durumları (hata, durdurma ve istisna senaryoları da dahil) dikkate alır. Aynı zamanda, kullanılan tüm tablolar ve diyagramlar etiketlenmiş; kullanılan kısaltmalar ve terimler tanımlanmıştır.
- İzlenebilir: Her gereksinim açıkça işaretlenmiştir (örneğin; bir ID ile). Bu, bir etki analizi yapılmasına olanak tanır ve test vakalarıyla kapsanması şeffaftır.
- Sınırlı (bir gereksinimler seti için): Geliştirilecek ve dolayısıyla test edilecek kapsamın ne olduğu açıkça tanımlanmıştır.
- Tekil: Hiçbir gereksinim mantıklı alt gereksinimlere ayrılamaz.

Bir araç olarak inceleme için, test uzmanı örneğin; özelliklerden inceleme kontrol listeleri türetebilir. Bu inceleme kontrol listeleri, daha önce belirtilen ifadeler için uygun soruları içerir. Test uzmanı, bu soruları en iyi bildiği ve inandığı şekilde yanıtlamalıdır. Aşağıdaki liste, her gereksinim için yanıtlanması gereken olası soruların bir kısmını içermektedir:

- Doğrulanabilir: Gereksinim, ilgili test seviyesinde statik veya dinamik testler ile doğrulanabilir mi?
- Açık: Gereksinim, herhangi bir yorum alanını engelliyor mu yoksa örtük bilgi veya deneyim bilgisine dayanmıyor mu?
- Tutarlı: Gereksinim, kendisiyle ve diğer gereksinimlerle tutarlı mı?
- Birincil: Gereksinim, mantıksal bağlantıları (örneğin; gereksinimler içindeki if-then-else yapıları) çözerek ve ortaya çıkan alt gereksinimleri ayrı olarak not ederek daha fazla alt gereksinime ayrılamaz mı?

Hobbs'a göre: Güvenlik kritik sistemler için Gömülü Yazılım Geliştirme [30], gereksinimlerin ayrıca uygulanabilir, uygulama bağımsız ve gerekli olması gerektiğini belirtmektedir. Test uzmanının bu nitelikleri değerlendirmesi genellikle zordur; ancak bu nitelikler, test tasarımını marjinal olarak etkiler.

4.2 Dinamik test teknikleri (K3) [155 Dakika]

4.2.1 Koşul testi, çoklu koşul testi, değiştirilmiş koşul/karar testi (K3) [60 Dakika]

Burada açıklanan teknikler beyaz kutu test tasarım tekniklerinin bir parçasıdır (daha fazla ayrıntı için bkz. ayrıca CTAL-TTA müfredatı). Test uzmanı, test senaryolarını doğrudan test öğesinin yapısından türetir (örneğin; kaynak koddan).

Karar testine kıyasla, test uzmanının test senaryolarını kod içerisindeki kararların kapsamına göre tasarladığı durumda (bkz. [21]), koşul testi, bir karar içerisindeki bireysel koşullara atıfta bulunur. Dolayısıyla, bu teknikler kararın nasıl verildiğini ele alır: Her karar, bir veya daha fazla “atomik” koşuldan oluşur. Test uzmanı bir test senaryosunu çalıştırdığında, bu koşullardan her biri “doğru” veya “yanlış” değerini alabilir. Kararın genel değeri ise bu bireysel değerlerin mantıksal birleşiminden ortaya çıkar[7].

Eğer bir karar sadece tek bir koşuldan oluşuyorsa, bu teknikler karar testleriyle birebir aynıdır.
Aksi takdirde, bu teknikler aşağıdaki gibi farklılık gösterir [7]:

- (Basit) koşul testi (Tablo 5'teki A tekniği): Test uzmanı, her bir koşulun doğru/yanlış sonuçlarını kapsama hedefiyle test senaryoları tasarlar. Akıllıca olmayan bir test verisi seçimi ile (bkz. Tablo 5), a %100 (basit) koşul kapsamı elde edilebilir, ancak karar çıktılarını tam olarak/tümüyle kapsamaz. Aşağıdaki tabloda, B1 ve B2 bireysel koşulları hem doğru hem de Yanlış olarak uygulanır, ancak her iki test durumu için karar çıktısı "Yanlış" şeklinde değerlendirilir.
- Çoklu koşul testi (aşağıdaki tabloda B tekniği): Test uzmanı, bireysel koşullarla ilgili tüm değer kombinasyonlarını kapsama hedefiyle test senaryoları tasarlar. Eğer her değer kombinasyonu test edilirse, her bir karar çıktısı da test edilmiş olur.
- Değiştirilmiş koşul/karar testi (MC/DC) (aşağıdaki tabloda C tekniği): Bu, çoklu koşul testine benzer(B). Ancak, bu teknik yalnızca bireysel koşulların (B1, B2) bağımsız olarak karar çıktısını etkilediği kombinasyonları dikkate alır. TC4 test senaryosunda, B1 veya B2'nin "yanlış "tan "doğru "ya değiştirilmesi karar çıktısının değişmesine neden olmaz (yani "yanlış" olarak kalır). Tam MC/DC kapsamına TC1, TC2 ve TC3 ile ulaşılabilir; TC4'ün dikkate alınması gerekli değildir.

Tablo 5, seçilen test tekniğine bağlı olarak %100 kapsam için gerekli test senaryolarını bir örnek yardımıyla göstermektedir:

	Bireysel Koşullar		**İfade için Karar Çıktılar : E = B1 AND B2**	**Teknik**		
Test senaryosu	B1	B2		A	B	C
TC 1	B1=DOGRU	B2= YANLIŞ	E = YANLIŞ	X	X	X
TC 2	B1=YANLIŞ	B2= DOGRU	E= YANLIŞ	X	X	X
TC 3	B1= DOGRU	B2= DOGRU	E= DOGRU		X	X
TC 4	B1= YANLIŞ	B2= YANLIŞ	E= YANLIŞ		X	

Tablo 5: Koşul testi (A), çoklu koşul testi (B) ve değiştirilmiş koşul/karar testi (MC/DC testi) tekniklerinin karşılaştırılması (C)

Örnek, tekniklerin sınırlarını göstermektedir: (Basit) koşul testi (A) durumunda, %100 koşul kapsamına rağmen, test uzmanı yalnızca bir karar çıktısını kapsama riskini alır. Test senaryolarının daha iyi seçilmesi bu durumu düzeltecektir (örnekte TC 3 ve TC 4).

Çoklu koşul testinin (B) kullanılması ile test uzmanı tüm olası giriş ve çıkışları kapsayabilir. Ancak, bu teknik için yürütülecek test sayısı en yüksektir.

Değiştirilmiş koşul/karar testini (C) kullanarak test uzmanı, çoklu koşul testine kıyasla daha az sayıda testle tüm tek koşulların ve tüm kararların tam kapsamını elde edebilir.

4.2.2 Arka arkaya test (K2) [15 Dakika]

Arka arkaya (Back-to-back) test (ayrıca: karşılaştırmalı test [32]) bir test (tasarım) tekniğinden çok bir test yaklaşımıdır. Bir test öğesinin iki veya daha fazla varyantını karşılaştırır. Bunu yapmak için, test uzmanı aynı test senaryosunu tüm varyantlar üzerinde çalıştırır ve sonuçları karşılaştırır. Sonuçlar aynıysa test geçilmiştir. Sonuçlar farklıysa, tespit edilen farkın nedeni analiz edilir.

Test maddeleri içerik açısından aynı gerekliliklere dayanmalıdır. Ancak bu şekilde karşılaştırılabilir bir davranış gösterebilirler. Gereksinimler, test tasarımı için bir test temeli olarak hizmet etmez. Aksine, arka arkaya (back-to-back) testinin test öğeleri veya test ortamı arasındaki en ufak istenmeyen farklılıkları göstermesi beklenir. Bu nedenle bu test, gereksinime dayalı testin yerini almaz.

En basit durumda, arka arkaya testin test öğeleri, aynı yazılımın farklı sürümleridir. Bu durumda, örneğin; test öğesinin daha önceki bir sürümü arka arkaya test için bir kehanet mekanizması olarak hizmet eder (regresyon testi benzeri) [33]. Diğer bir alternatif, çalıştırılabilir bir model ile (manuel veya otomatik olarak) üretilen kodun karşılaştırılmasıdır [32]. Bu durumda, çalıştırılabilir modelin de test kehaneti (oracle) olarak hizmet ettiği model bazlı testin bir biçimidir [34]. Bu teknik, bu nedenle otomatik test tasarımı için oldukça uygundur. Burada, test uzmanı yalnızca beklenen sonucu modelden çıkarmakla kalmaz, aynı zamanda otomatik test senaryoları da geliştirir.

4.2.3 Hata enjeksiyonu testi (K2) [15 Dakika]

Hata enjeksiyon testi, özel bir test (tasarım) tekniğinden ziyade sağlamlık testi için bir yaklaşımdır. Hata işleme gibi programlama teknikleri, sistemin iç ve dış hatalara sağlam ve güvenli bir şekilde tepki vermesini sağlama amacına hizmet eder. Bu teknikleri test etmek için, test uzmanı aşağıdaki noktalarda sisteme seçici olarak hatalar ekleyebilir [34]:

- Harici bileşenlerdeki hatalar: Örneğin sistemin sensörlerden gelen mantıksız değerleri güvenli bir şekilde algılaması gerekiyorsa.
- Arayüzlerdeki hatalar: Örneğin sistemin işlevinin kısa devrelerden veya kayıp mesajlardan zarar görmemesi gerekiyorsa.
- Yazılımdaki hatalar: Sistemin dahili hataları tespit etmesi ve işlemesi gerekiyorsa.

Klasik hata enjeksiyonunda, test uzmanı gerçek bileşeni manipüle ederek bir hata ekler.

Harici hatalar (ayrıca arayüz hataları) test cihazı tarafından çalışma zamanında simüle edilebilir. Hata enjeksiyonu genellikle bir HiL test ortamında gerçekleşir. Burada, bir hata ekleme birimi (FIU) [35] fiziksel hatalar için bir sürücü görevi görür. Bu hatalar arasında özellikle kısa devreler ve açık devreler yer alır. Yazılım tabanlı arayüz hatalarının simülasyonu genellikle bir SiL test ortamında yapılabilir.

Yazılımdaki hatalar genellikle yalnızca geliştirme ortamında, örneğin; hata ayıklayıcı veya XCP aracılığıyla eklenebilir. Bu nedenle uygulama pratikte genellikle çok zaman alıcıdır.

4.2.4 Gereksinimlere Dayalı Test (K1) [5 Dakika]

Gereksinimlere dayalı test, bir test (tasarım) tekniğinden ziyade test için bir yaklaşımdır (bir uygulamadır) [22]. Yaklaşım, gereksinimleri test senaryoları ile kapsamayı amaçlar. Bu nedenle, test öğesinin gereksinimleri karşılayıp karşılamadığına test uzmanı karar verir.

Bu yaklaşımda, test uzmanı gereksinimleri analiz eder, test koşullarını türetir, test senaryoları tasarlar ve bunları uygular. Test sonuçlarının analizine dayanarak testleri iyileştirir. Bunu yaparken, başka test senaryoları da oluşturabilir. Buna ek olarak, test uzmanı başka test uygulamaları da uygular (tecrübeye dayalı test gibi). Bu nedenle, örneğin; keşif testleri şeklinde regresyon testleri yaparak hata riskini azaltabilir.

Gereksinimler eksik veya tutarsızsa, bu temelde tasarlanan testler de aynı sorunlardan mustarip olur. Öte yandan, çok ayrıntılı olmaları halinde test uzmanı tüm gereksinimleri test edemeyebilir. Burada, test senaryolarının önceliklendirilmesi zorunludur. [3]

4.2.5 Bağlama bağlı test tekniklerinin seçimi (K3) [60 Dakika]

ISO 26262 standardı (Cilt 6), test uzmanının ASIL seviyesine bağlı olarak test tasarım tekniklerini (bkz. Bölüm 2.2) uygulamasını önermektedir. Bunlar arasında CTFL®'den ve daha önce bölüm 4.2'de bahsedilen teknikler yer almaktadır:

- Gereksinim Bazlı Test
- Denklik Paylarına Ayırma
- Sınır Değer Analizi
- Komut Testi
- Karar Testi
- Değiştirilmiş koşul/karar testi
- Hata tahminleme
- Arıza (Error) Enjeksiyonu
- Arka Arkaya Test

Ancak, hangi tekniğin kullanılacağına ilişkin karar, diğerlerinin yanı sıra aşağıdaki faktörlere bağlıdır:

Son Teknoloji

Teknik, bu amaç için teknolojinin mevcut durumunu temsil ediyor mu? Burada ISO/IEC/IEEE 29119 ve ISO 26262 gibi standartlar yardımcı olmaktadır. ISO 26262 standardı ASIL seviyesine bağlı olarak uygulanabilir teknikler bile önermektedir. Standardın tavsiyelerinden sapmalar ISO 26262 ile ilgili bölüm 2.2'de tartışılmaktadır.

Test esası

Test temeli teknik için uygun test koşulları sağlıyor mu? Örneğin, test uzmanı ancak test temeli parametre veya değişkenler içeriyorsa denklik sınıfları oluşturabilir. Bunların değerlerini makul denklik sınıfları halinde gruplayabilmelidir. Benzer koşullar sınır değerler için de geçerlidir. Bunları ancak değer aralığı doğrusal bir şekilde tanımlanmışsa test edebilir.

Risk bazlı test

Riske dayalı test, ürün risklerinin tanımlanması ve tekniklerin seçiminde risk seviyesinin dikkate alınması anlamına gelmektedir. Örneğin, bir sınır değerinin test edilmesi, yalnızca sınır ihlallerinin meydana gelme riski varsa ve bu ihlallerin etkisi bir risk teşkil ediyorsa anlamlıdır.

Test seviyesi

Teknik, test düzeyinde makul bir şekilde kullanılabilir mi? Beyaz kutu testleri özellikle, kaynak kod veya iç yapı, test temeli olarak hizmet veriyorsa uygundur. İdeal durumda, yapısal kapsam derecesi ölçülebilirdir. Kara kutu testleri için, test öğesinin mevcut ve gözlemlenebilir olması gerekir. Örneğin, sistem testinde bir sensörün denklik sınıfının test edilmesi, bileşen testinden daha verimli olabilir. Bir test tasarım tekniği bir test seviyesinde kullanılamıyorsa, test uzmanı test stratejisine uygun olarak farklı bir test seviyesi seçmelidir.

Test tekniklerinin seçilmesine örnek

Aşağıdaki tablo, bir kullanıcının daha önce bahsedilen çeşitli faktörler açısından değerlendirilmesine ve buna dayalı olarak test tasarım tekniğinin seçilmesine ilişkin bir örnekle geliştirilmiş test tasarım tekniklerinin bir listesini içermektedir.

	Test tasarım tekniği	**ASIL A ile kullanım için önerilir ?**	**Test temeli uygun ?**	**Hata tespit edilmediği takdirde, Risk ?**	**Test seviyesi "sistem testi" makul ?**	**Seçim**
1	Gereksinim bazlı test	++	EVET	++	EVET	X
2	Denklik paylarına ayırma	+	EVET	++	EVET	X
3	Sınır Değer Analizi	+	HAYIR	-	EVET	
4	Komut testi	++	EVET	++	HAYIR	
5	Karar testi	+	EVET	++	HAYIR	
6	MC/DC	+	EVET	+	HAYIR	
7	Arıza (error) tahminleme	+	HAYIR	++	EVET	
8	Hata (fault) enjeksiyonu	+	EVET	+	HAYIR	
9	Arka arkaya test	+	HAYIR	++	EVET	

Tablo 6: Bir test tekniği seçimine örnek

Ek

Otomotiv Veritabanları ve İletişim Protokolleri

Arayüzler	Veritabani	İletişim protokolleri
Memory (Bellek)	ASAM MCD-2 MC (also ASAP2 or A2L)	ASAM MCD-1 XCP (Universal Measurement and Calibration Protocol) (Evrensel Ölçüm ve Kalibrasyon Protokolü ASAM standard CCP (CAN Calibration Protocol) Kalibrasyon Protokolü)
Bus (otobüs hattı)	ASAM MCD2 NET standart (also FIBEX - Field Bus Exchange Format)	FlexRay (ISO 17458) CAN (Controller Area Network per ISO 11898-2) (ISO 11898-2 uyarınca Denetleyici Alan Ağı)
	DBC (communication database for CAN) (CAN için iletişim veri tabanı)	CAN (Controller Area Network per ISO 11898-2) (ISO 11898-2 uyarınca Denetleyici Alan Ağı
Diagnosis (Teşhis)	ASAM MCD2 D (also ODX) CDD (CANdelaStudio diagnostic description) (CANdelaStudio teşhis açıklaması)	KWP2000 (ISO 14230) ISO-OBD (ISO 15031) UDS (ISO 14229)

Tablo 7: Otomotiv endüstrisindeki yaygın veri tabanları ve iletişim protokolleri

AUTOSAR, bütün bir aracın veri tabanlarını entegre eden bir XML formatını standartlaştırmıştır. Bu, ARXML formatıdır (AUTOSAR Uygulama Arayüzlerinin Entegre Ana Tablosu, XML şeması R3.0).

ASAM, "Otomasyon ve Ölçüm Sistemleri Standardizasyon Derneği" anlamına gelmektedir”

Tablolar Listesi

Tablo 1: Metot tablosu örneği 25
Tablo 2: Test seviyelerinin atanması(belirlenmesi) 28
Tablo 3: MiL, SiL ve HiL test ortamları için kriterler ve etkileri 36
Tablo 4: MiL, SiL ve HiL Test Ortamlarındaki Test Türlerinin Karşılaştırması 36
Tablo 5: Koşul testi (A), çoklu koşul testi (B) ve değiştirilmiş koşul/karar testi (MC/DC testi) tekniklerinin karşılaştırılması (C) 40
Tablo 6: Bir test tekniği seçimine örnek 43

Referanslar

[1] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), *ISO/IEC TS 24748-1:2016 Systems and software engineering - Life cycle management - Part 1: Guide for life cycle management,* 2016.

[2] Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) / QMC Working Group 13 / Automotive SIG, *Automotive SPICE Process Assessment Model,* Berlin: Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA), 2008.

[3] AUTOSAR, „http://www.autosar.org/specifications/," [Online]. [Zugriff am 04 04 2016].

[4] ZVEI, *Best Practice Guideline - Software Release,* Frankfurt am Main,: ZVEI, 2016.

[5] International Software Testing Qualifications Board (ISTQB) / German Testing Board e.V. (GTB), *ISTQB/GTB Certified Tester Advanced Level (CTAL) Syllabus - Technical Test Analyst (TTA) - Deutsche Ausgabe,* German Testing Board e.V. (GTB), 2012.

[6] Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) / QMC Working Group 13, „Status and outlook VDA QMC working group 13 -Automotive SPICE 3.0, Blue-Gold Volume," in *Sixth VDA Automotive SYS Conference*, Berlin, 2016.

[7] Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA) / QMC Working Group 13 / Automotive SIG, *Automotive SPICE Process Assessment / Reference Model,* http://www.automotivespice.com/download/, 2015 Version 3.0.

[8] International Organization for Standardization (ISO), *ISO 26262:2011 Road Vehicles - Functional Safety,* Genf, 2011.

[9] AUTOSAR, „Glossary AUTOSAR Release 4.2.2," [Online]. Available: http://www.autosar.org/fileadmin/files/releases/4-2/main/auxiliary/AUTOSAR_TR_Glossary.pdf. [Zugriff am 03 03 2016].

[10] H. Wallentowitz, Handbuch Kraftfahrzeugelektronik : Grundlagen, Komponenten, Systeme, Anwendungen ; mit zahlreichen Tabellen, Wiesbaden: Vieweg, 2016.

[11] K. Borgeest, *Elektronik in der Fahrzeugtechnik,* Springer Vieweg, 2014.

[12] MISRA Electrical Group MIRA Ltd., *MISRA-C:2012-Programmierrichtlinien – Version 3.,* UK, Warwickshire, 2013.

[13] 754-2008 - IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic, *754-2008 - IEEE Standard for Floating-Point Arithmetic,* 2008.

[14] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *ISO/IEC/IEEE 15288:2015 Systems and software engineering - System life cycle processes,* 2015-15-05.

[15] Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), *Entwicklung softwarebestimmter Systeme - Forderungen an Prozesse und Produkte,* Bd. 13, Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), 2004.

[16] Measuring, Association for Standardization of Automation and, „http://asam.net/," 2016. [Online]. [Zugriff am 2016].

[17] K. Hoermann, M. Mueller, L. Dittmann und J. Zimmer, Automotive SPICE in Practice in der Praxis – Interpretationshilfe für Anwender und Assessoren, Heidelberg: dpunkt verlag GmbH, 2. Auflage, 2016.

[18] National Instruments Germany GmbH, „Einsatz von Fault Insertion Units (FIUs) für die Überprüfung elektronischer Steuergeräte," Nr. 25. Juni, 2015.

[19] Patzer und Zaiser, „Einsatzgebiete für XCP," in *XCP-Das Standardprotokoll für die Steuergeräte Entwicklung*, Stuttgart, Vector Informatik GmbH, 2014.

[20] International Software Testing Qualifications Board (ISTQB) / German Testing Board e.V. (GTB), *ISTQB/GTB Certified Tester Foundation Level (CTFL) Syllabus - Version 2011 1.0.1 - Deutsche Ausgabe,* German Testing Board e.V. (GTB), 2011.

[21] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *ISO/IEC/IEEE 29119-1:2013 Software and systems engineering - Software testing - Part 1: Concepts and definitions,* 2013- 09-01.

[22] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), *ISO/IEC 12207:2008 Systems and software engineering - Software life cycle processes,* International Organization for Standardization (ISO), 2008-02-01.

[23] A. Spillner, T. Roßner, M. Winter und T. Linz, Praxiswissen Softwaretest Testmanagement: Aus- und Weiterbildung zum Certified Tester -Advanced Level nach ISTQB-Standard, Heidelberg: dpunkt.verlag, 2008.

[24] Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), *Sicherung der Qualität in der Prozesslandschaft,* Bd. Band 4, Verband der Automobilindustrie e.V. (VDA), 2011.

[25] dpa, „www.motor-talk.de," 24 02 2015. [Online]. Available: http://www.motor-talk.de/news/die-zahl-der-modelle-waechst-der-absatz-nicht-t5219608.html. [Zugriff am 12 12 2016].

[26] AUTOSAR, „Requirements on Acceptance Test AUTOSAR TC Release 1.1.0," [Online]. Available: http://www.autosar.org/fileadmin/files/standards/tests/tc-1-1/general_auxiliary/AUTOSAR_ATR_Requirements.pdf. [Zugriff am 2016 12 12].

[27] R. Schönfeld, Regelungen und Steuerungen in der Elektrotechnik, Verlag Technik GmbH, 1993.

[28] AUTOSAR, „Project Objectives AUTOSAR Release 4.2.1," [Online]. Available: http://www.autosar.org/fileadmin/files/releases/4-2/main/auxiliary/AUTOSAR_RS_ProjectObjectives.pdf. [Zugriff am 03 03 2016].

[29] AUTOSAR, „Main Requirements AUTOSAR Release 4.2.1," [Online]. Available: http://www.autosar.org/fileadmin/files/releases/4-2/main/auxiliary/AUTOSAR_RS_Main.pdf. [Zugriff am 03 03 2016].

[30] G. Baumann, „Was verstehen wir unter Test? Abstraktionsebenen, Begriffe und Definitionen," FKFS 1. AutoTest; Fachkonferenz zum Thema Test und Diagnose in der Automobilentwicklung., Stuttgart, 2006.

[31] C. Hobbs, Embedded Software Development for Safety-Critical Systems, Taylor & Francis Group, 2016.

[32] AUTOSAR, „AUTOSAR - The worldwide Automotive Standard for E/E systems," *ATZ extra,* p. 5, 2013.

[33] A. Spillner und T. Linz, Basiswissen Softwaretest [Elektronische Ressource] : Aus-und Weiterbildung zum Certified Tester - Foundation Level nach ISTQB-Standard, Heidelberg: dpunkt.verlag, 2012.

[34] International Software Testing Qualifications Board (ISTQB) / German Testing Board e.V. (GTB), *ISTQB/GTB Standardglossar der Testbegriffe Version 3.1,* Erlangen: German Testing Board e.V. (GTB), 13. April 2016.

[35] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *ISO/IEC/IEEE 29119-3:2013 Software and systems engineering - Software testing - Part 3: Test documentation,* 2013-09-01.

[36] AUTOSAR, „Acceptance Test Main Requirements AUTOSAR TC Release 1.1.0," [Online]. Available: http://www.autosar.org/fileadmin/files/releases/tc-1-1/general_auxiliary/AUTOSAR_ATR_Main.pdf. [Zugriff am 2016 03 03].

[37] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *ISO/IEC/IEEE 29119-4:2015 Software and systems engineering - Software testing - Part 4: Test techniques,* Bd. 4, 2015.

[38] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), *ISO/IEC/IEEE 29148:2011 - Systems and software engineering - Life cycle processes - Requirements engineering,* 2011-12-01.

[39] M. Winter, M. Ekssir-Monfared, H. M. Sneed, R. Seidl und L. Borner, Der Integrationstest: Von Entwurf und Architektur zur Komponenten- und Systemintegration, München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, 2012.

[40] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), *ISO/IEC 33020-03:2015 Informationstechnik – Prozessbewertung – Rahmenwerk für Prozessmessungen zur Beurteilung der Prozessfähigkeit,* 01-03-2015.

[41] M. Conrad und G. Sandmann, „A Verification and Validation Worflow for IEC 61508 Applications," *SAE International,* 2009.

[42] H.-W. Wiesbrock, M. Conrad, I. Fey und H. Pohlheim, „Ein neues automatisiertes Auswertverfahren für Regressions-und Back-to-Back-Tests eingebetteter Regelsysteme," *Softwaretechnik-Trends,* Bd. 22, 2002.

[43] U. Freund, V. Jaikamal und J. Löchner, „Multilevel System Integration of Automotive ECUs based on AUTOSAR," [Online]. Available: http://papers.sae.org/2009-01-0918/. [Zugriff am 27 09 2016].

[44] T. Ringler, C. Dziobek und F. Wohlgemuth, „Tagungsband Modellbasierte Entwicklung eingebetteter Systeme - Chancen und Herausforderungen bei der virtuellen Absicherung verteilter Body&Comfort-Funktionen auf Basis von AUTOSAR - S.83 - 93," [Online]. Available: https://www.in.tu-clausthal.de/fileadmin/homes/GI/Documents/MBEES15Proceedings.pdf. [Zugriff am 27 09 2016].

[45] Bakshi, U.A.; Baksi; V.U.: Control Systems, Edition 2010. (English edition)

[46] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), ISO/IEC 2382:2015-05 Information technology - Vocabulary, 2015-05.

[47] International Organization for Standardization (ISO), International Electrotechnical Commission (IEC), ISO/IEC 24765:20170-09 Information technology - Vocabulary, 2017-09.

[48] German Association of the Automotive Industry (VDA) / QMC Working Group 13 / Automotive SIG, *Automotive SPICE Process Assessment / Reference Model,* http://www.automotivespice.com/download/, 2017, Version 3.1.

[49] International Software Testing Qualifications Board (ISTQB®) – *ISTQB® Certified Tester Foundation Level (CTFL®) Syllabus - Version 2018.*

Tanımlar

Aşağıdaki (kalın olmayan baskı) müfredata özgü terimler, ISTQB® Sözlüğüne [ISTQB®2016] ek olarak kullanılmaktadır. Bu terimler burada tanımlandığı şekilde kullanılmalıdır:

Terimler	**Definition / Meaning**	**Terim**	**Tanım**
Automotive Open System Architecture (AUTOSAR)	Development partnership founded in 2003 with the objective of creating and establishing an open industry standard for a software architecture in the automotive industry.	Otomotiv Açık Sistem Mimarisi (AUTOSAR)	Otomotiv endüstrisinde bir yazılım mimarisi için açık bir endüstri standardı oluşturmak ve kurmak amacıyla 2003 yılında kurulan geliştirme ortaklığı.
Automotive Safety Integrity Level	One of four levels to specify the item's or element's necessary requirements of ISO 26262 and safety measures for avoiding an unreasonable residual risk with 'D' representing the most stringent and 'A' the least stringent level.	Otomotiv Güvenlik Bütünlüğü Seviyesi	ISO 26262 standartlarına göre bir öğe veya elemanın gerekli gereksinimlerini ve makul olmayan artık riskten kaçınmaya yönelik güvenlik önlemlerini belirtmek için kullanılan dört seviyeden biri olup, 'D' en katı, 'A' ise en az katı seviye olarak belirlenmiştir
Automotive SPICE	A process reference model and an associated process assessment model for processes in the automotive industry conforming with the requirements of ISO/IEC 33002:2015.	Otomotiv SPICE	Otomotiv endüstrisindeki süreçler için ISO/IEC 33002:2015 gereksinimlerine uygun bir süreç referans modeli ve buna bağlı bir süreç değerlendirme modelidir

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
back-to-back-testing	Testing to compare two or more variants of a test item or a simulation model of the same test item by executing the same test cases on all variants and comparing the results. See also comparative testing.	Arka arkaya test	Aynı test maddesinin iki veya daha fazla varyantını veya simülasyon modelini, tüm varyantlarda aynı test vakalarını yürüterek ve sonuçları karşılaştırarak test etme sürecidir. Bkz. karşılaştırmalı test
Basic software	(AUTOSAR): standardized, hardware-oriented software components.	Temel yazılım	Standartlaştırılmış, donanım odaklı yazılım bileşenleri
Breakout box	A measuring unit to analyze, interrupt or manipulate physical signals in wires.	Dağıtım kutusu	Kablolardaki fiziksel sinyalleri analiz etmek, kesmek veya değiştirmek için kullanılan bir ölçüm birimi
Bus system	Network of several electronic control units that exchange information via the same connections.	Veri yolu sistemi	Aynı bağlantılar üzerinden bilgi alışverişi yapan birkaç elektronik kontrol ünitesinden oluşan bir ağ
Capability dimension	A number of process attributes divided by capability levels is defined. The process attributes provide the measurable characteristics of the process capability..	Yetkinlik boyutu	Bir dizi süreç niteliği, yeterlilik seviyeleriyle bölünmüştür. Süreç nitelikleri, süreç yetkinliğinin ölçülebilir özelliklerini sağlar
Capability indicator	Indicators which can be used for the execution and explanation of a process capability assessment.	Yetkinlik göstergesi	Bir süreç yetkinlik değerlendirmesinin uygulanması ve açıklanması için kullanılabilecek göstergelerdir.

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Capability level	One or more process attributes which, when sufficiently met, provide a significant improvement of the process capability.	Yetkinlik seviyesi	Yeterli düzeyde sağlandığında süreç yetkinliğinde önemli bir iyileşme sağlayan bir veya daha fazla süreç niteliği.
closed-loop-System	A system in which the controlling action or input is dependent on the output or changes in output. See also open-loop-system.	Kapalı döngü sistemi	Kontrol edici eylem veya girişin çıkışa veya çıkıştaki değişikliklere bağlı olduğu bir sistemdir. Ayrıca açık döngü sistemi içine bakın.
Code review	A suitability check of the code against the planned purpose and deviation analysis of provided specifications and standards.	Kod incelemesi	Kodun planlanan amaca uygunluğu ve sağlanan spesifikasyonlar ve standartlara uygunluk açısından yapılan sapma analizi.
coding standard	A standard that describes the characteristics of a design or a design description of data or program components	Kodlama Standartı	Veri veya program bileşenlerinin tasarımının veya tasarım açıklamasının özelliklerini tanımlayan bir standart.
Components-HiL	A test environment for the image of a single Electronic control unit (ECU).	Bileşenler-HiL	Tek bir Elektronik kontrol ünitesinin (ECU) görüntüsü için bir test ortamı.
Condition coverage	See ISTQB® Glossary 3.1	Koşul Kapsamı	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.
Condition testing	See ISTQB® Glossary 3.1	Koşul Testi	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.
Criteria for verification	A set of test cases and criteria for verification of software..	Doğrulama kriterleri	Yazılımın doğrulanması için bir dizi test vakası ve kriter.
Cybersecurity (Automotive)	The state of being safe from electronic crime and the measures taken to achieve this.	Siber güvenlik (Otomotiv)	Elektronik suçlardan korunma durumu ve bunu sağlamak için alınan önlemler.
Directive (MISRA)	Programing guidelines in MISRA-C:2012 that are not fully verified by static analysis tools.	Yönerge(MISRA)	MISRA-C:2012'deki, statik analiz araçları tarafından tamamen doğrulanamayan programlama yönergeleri.

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Defect list	A list of fixed and not fixed defects. Usually a part of the test report.	Hata listesi	Düzeltilmiş ve düzeltilmemiş hataların listesi. Genellikle test raporunun bir parçasıdır.
E/E-System	Functional system of electric or electronic elements.	E/E sistemi	Elektrik veya elektronik bileşenlerden oluşan fonksiyonel sistem.
ECU extract	Includes the data for a Electronic control unit from the system configuration description.	ECU veri çıkarma	Sistem yapılandırma açıklamasından bir Elektronik kontrol ünitesi için verileri içerir.
ECU configuration description	Includes data for the integration of the SW components on the Electronic control unit	ECU yapılandırma açıklaması	Elektronik kontrol ünitesindeki yazılım bileşenlerinin entegrasyonuna dair verileri içerir.
environment model (Automotive)	Abstraction of the real environment of a component or system including. other components, vehicle processes, environment conditions in a real time simulation.	Çevre modeli (Otomotiv)	Gerçek zamanlı simülasyonda bir bileşen veya sistemin, diğer bileşenleri, araç süreçlerini ve çevre koşullarını içeren gerçek çevresinin soyutlaması.
Electrical Error Simulation	See Fault insertion unit	Elektriksel Hata Simülasyonu	Hata ekleme birimine bakınız.
Fixed point	a number consisting of a fixed number of digits. The position of the comma is fixed.	Sabit nokta	Sabit bir basamak sayısından oluşan bir sayı. Virgülün konumu sabittir.

Yazılım Test ve Kalite Derneği | www.turkishtestingboard.org | info@turkishtestingboard.org
Tel: +90 212 276 06 48 | Faks: +90 212 276 06 47

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Floating point	an approximate representation of a real number.	Kayan nokta	Bir gerçek sayının yaklaşık bir temsili.
Fault injection	See ISTQB® Glossary 3.1	Hata enjeksiyonu	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.
Fault insertion unit	A part of a test environment that is able to simulate defects at the interfaces of a component or system.	Hata ekleme birimi	Bir bileşen veya sistemin ara yüzlerinde hataları simüle edebilen bir test ortamı parçası.
functional safety	Absence of unreasonable risk due to hazards caused by malfunctioning behaviour of Electric/Electronic(E/E) – systems.	Fonksiyonel güvenlik	Elektrik/Elektronik (E/E) sistemlerin arızalı davranışlarından kaynaklanan tehlikeler nedeniyle mantıksız risklerin olmaması.
Hardware in the Loop	Dynamic testing conducted using real hardware with integrated software in a simulated environment.	Döngü İçinde Donanım (HiL)	Entegre yazılıma sahip gerçek donanımı simüle edilmiş bir ortamda kullanarak gerçekleştirilen dinamik test.
Installation recommendation	An addition to the SW release with which the supplier confirms to the OEM that the release item has unlimited release for public roads and may be used/tested there.	Kurulum tavsiyesi	Tedarikçinin, sürüm öğesinin kamu yollarında sınırsız bir şekilde kullanılabileceğini ve test edilebileceğini OEM'e onayladığı, yazılım sürümüne eklenen bir öneri.
List of functions	The functions to be implemented for a release are specified during release planning and stated in the function list.	Fonksiyon listesi	Bir sürüm için uygulanacak işlevler, sürüm planlaması sırasında belirlenir ve fonksiyon listesinde belirtilir.

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
soak test	A soak test is similar to tests derived from field experience but use a larger sample size, normal users as testers, and are not bound to prior specified test scenarios, but performed under real-life conditions during everyday life. These tests can have limitations if necessary to ensure the safety of the testers, e.g. with additional safety measures or disabled actuators.	Emme testi	Bir emme testi, saha deneyiminden elde edilen testlere benzer, ancak daha büyük bir örnek boyutu, normal kullanıcılar olarak test ediciler kullanılır ve günlük yaşamda gerçek yaşam koşulları altında gerçekleştirilir.
method table (Automotive)	A table containing different test approaches, testing techniques and test types that are required depending on the Automotive Safety Integrity Level (ASIL) and on the context of the test object.	Yöntem tablosu (Otomotiv)	Otomotiv Güvenlik Bütünlük Seviyesi'ne (ASIL) ve test nesnesinin bağlamına bağlı olarak gerekli olan farklı test yaklaşımlarını, test tekniklerini ve test türlerini içeren bir tablo.
Model in the Loop	Dynamic testing conducted using a simulation model of the system in a simulated environment.	Döngü İçinde Model (MiL)	Simüle edilmiş bir ortamda sistemin bir simülasyon modeli kullanılarak gerçekleştirilen dinamik test.
Modified condition/decision testing (MC/DC-Test)	See ISTQB® Glossary 3.1.	Değiştirilmiş Koşul/Karar Testi (MC/DC-Test)	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.
Multiple condition testing	See ISTQB® Glossary 3.1	Çoklu koşul testi	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.
open–loop-system	A system in which controlling action or input is independent of the output or changes in output. See also closed-loop-system.	Açık döngü sistemi	Kontrol edici işlemin veya girdinin, çıktıdan veya çıktıda meydana gelen değişikliklerden bağımsız olduğu bir sistem. Ayrıca bkz. kapalı döngü sistemi.

Yazılım Test ve Kalite Derneği | www.turkishtestingboard.org | info@turkishtestingboard.org
Tel: +90 212 276 06 48 | Faks: +90 212 276 06 47

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Original equipment manufacturer (OEM)	In the automotive industry, this term is used to describe car producers. See also “Tier 1… n”	Orjinal Ekipman Üreticisi (OEM)	Otomotiv endüstrisinde bu terim, otomobil üreticilerini tanımlamak için kullanılır. Ayrıca bkz. "Tier 1... n".
Product development process	Process that includes all activities from the first product idea until the production.	Ürün geliştirme süreci	İlk ürün fikrinden üretime kadar olan tüm faaliyetleri içeren süreç.
Production	Production of the developed product. In PEP in the automotive environment also known as manufacturing / serial manufacturing.	Üretim	Geliştirilen ürünün üretimi. Otomotiv ortamında Ürün Geliştirme Süreci (PEP) olarak da bilinir.
Process attribute	Measurable characteristics of a process for process capability assessment.	Süreç niteliği	Süreç yetkinliği değerlendirmesi için sürecin ölçülebilir özellikleri.
Process dimension	All relevant processes are defined and combined in process categories and at a second level in process groups.	Süreç boyutu	Tüm ilgili süreçler tanımlanır ve süreç kategorilerinde, ikinci seviyede ise süreç gruplarında birleştirilir.
Process improvement	See ISTQB® Glossary 3.1	Süreç iyileştirme	ISTQB® Sözlüğü 3.1’e bakınız.
Process model	See ISTQB® Glossary 3.1	Süreç modeli	ISTQB® Sözlüğü 3.1’e bakınız.
Product lifecycle	See System lifecycle	Ürün yaşam döngüsü	Sistem yaşam döngüsüne bakınız.
Release	Statement about the implemented functions, properties and intended use for a release item. [15]	Sürüm	Sürüm öğesi için uygulanmış işlevler, özellikler ve amaçlanan kullanım hakkında bir beyan.[15]

Yazılım Test ve Kalite Derneği | www.turkishtestingboard.org | info@turkishtestingboard.org
Tel: +90 212 276 06 48 | Faks: +90 212 276 06 47

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Release item	Unambiguously identifiable element with stated functions, properties and purpose. [15]	Sürüm öğesi	Belirli işlevleri, özellikleri ve amacı olan açıkça tanımlanabilir bir öğe.[15]
Release process	Process that leads to release.	Sürüm süreci	Sürüme götüren süreç.
Release purpose	Purpose, for which the release item can or may be used.	Sürüm amacı	Sürüm öğesinin kullanılabileceği veya kullanılabileceği amaç.
Release recommendation	Recommendation by the tester or the test manager to release (or not release) the release item based on the test results	Sürüm tavsiyesi	Test sonuçlarına dayanarak test eden veya test yöneticisi tarafından sürüm öğesinin (veya sürümden vazgeçmenin) önerisi.
Real time	Operation of a computer system in which programs for processing data are constantly ready for operation in such a way, that the processing results are available within a predetermined period of time. Depending on the application, the data may be generated according to a temporally random distribution or at predetermined times.	Gerçek zaman	Verilerin işlenmesine yönelik programların, işleme sonuçlarının önceden belirlenmiş bir süre içinde mevcut olacağı şekilde sürekli olarak çalışmaya hazır olduğu bir bilgisayar sisteminin işletilmesi. Uygulamaya bağlı olarak, veriler zamansal olarak rastgele bir dağılıma göre veya önceden belirlenmiş zamanlarda oluşturulabilir.
Real time capable computer	A computing unit that guarantees the processing of signals in a defined window of time.	Gerçek zaman uyumlu bilgisayar	Sinyallerin belirli bir zaman aralığında işlenmesini garanti eden bir bilgi işlem birimi.
Reference Process	See ISTQB® Glossary 3.1	Referans süreç	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.

Yazılım Test ve Kalite Derneği | www.turkishtestingboard.org | info@turkishtestingboard.org
Tel: +90 212 276 06 48 | Faks: +90 212 276 06 47

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Regression test strategy	The regression test strategy defines which criteria are used to select the regression test cases when there is a change to the test item.	Regresyon test stratejisi	Regresyon test stratejisi, test öğesinde bir değişiklik olduğunda hangi kriterlerin regresyon test vakalarını seçmek için kullanılacağını tanımlar.
Rest bus simulation	Virtualization of the bus communication interface of non-existing electronic control units.	Geri kalan veri yolu simülasyonu	Mevcut olmayan elektronik kontrol ünitelerinin veri yolu iletişim arayüzünün sanallaştırılması.
Rule (MISRA)	Programming Guideline in MISRA-C:2012 which is verifiable by static analysis tools.	Kural (MISRA)	MISRA-C:2012'de statik analiz araçları tarafından doğrulanabilir bir programlama yönergesi.
Runtime environment (AUTOSAR)	The abstraction layer, which controls and implements the data exchange between AUTOSAR software components as well as between application and Base Software (BSW), inside as well as outside of the control units	Çalışma zamanı ortamı (AUTOSAR)	AUTOSAR yazılım bileşenleri arasındaki ve uygulama ile Temel Yazılım (BSW) arasındaki veri değişimini kontrol eden ve uygulayan soyutlama katmanı, kontrol üniteleri içinde ve dışında.
Safety Culture	The company-wide attitude to commonly develop a functionally safe product.	Güvenlik Kültürü	Fonksiyonel olarak güvenli bir ürün geliştirme konusunda şirket genelindeki tutum.
Safety lifecycle	Product lifecycle of a safety relevant system. It starts with the product idea and ends with the disposal of the product at the end of its lifecycle.	Güvenlik yaşam döngüsü	Güvenlikle ilgili bir sistemin ürün yaşam döngüsü. Ürün fikriyle başlar ve ürünün yaşam döngüsünün sonunda imhasıyla sona erer.
Simulation time	The timeframe, which is valid for a computer simulation.	Simülasyon süresi	Bir bilgisayar simülasyonu için geçerli olan zaman aralığı.

Yazılım Test ve Kalite Derneği | www.turkishtestingboard.org | info@turkishtestingboard.org
Tel: +90 212 276 06 48 | Faks: +90 212 276 06 47

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Software component	The (AUTOSAR): hardware-independent software layer which includes the individual applications and functionalities.	Yazılım bileşeni	(OTOSAR): bireysel uygulamaları ve işlevleri içeren donanımdan bağımsız yazılım katmanı.
Software in the loop (SiL)	Dynamic testing conducted using the real software in a simulated environment or with experimental hardware.	Döngü İçinde Yazılım (SiL)	Gerçek yazılımın simüle edilmiş bir ortamda veya deneysel donanımla kullanılarak gerçekleştirilen dinamik test.
software qualification test (ASPICE)	Testing conducted on a completed, integrated software to provide evidence for compliance with the software requirements.	Yazılım yeterlilik testi (ASPICE)	Yazılım gereksinimlerine uyumu kanıtlamak amacıyla tamamlanmış, entegre edilmiş bir yazılım üzerinde yapılan test.
System-HiL	A test environment for the image of a electronic control unit group up to the entire vehicle.	Sistem HiL (Donanım İçinde Döngü)	Elektronik kontrol ünitesi grubunun veya tüm aracın görüntüsü için bir test ortamı.
System integration test (ASPICE)	Testing against the system architectural design to provide evidence for compliance of the integrated system items with the system architectural design, including the interfaces between system items.	Sistem entegrasyon testi (ASPICE)	Sistem öğeleri arasındaki arayüzler de dahil olmak üzere entegre sistem öğelerinin sistem mimari tasarımına uygunluğuna dair kanıt sağlamak için sistem mimari tasarımına karşı test etme.
System configuration description	The data used in the integration of all electronic control units in a vehicle.	Sistem yapılandırma açıklaması	Araçtaki tüm elektronik kontrol ünitelerinin entegrasyonunda kullanılan veri.

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
System lifecycle	The phases of development and implementation of a system beyond the PEP until its retirement.	Sistem yaşam döngüsü	Bir sistemin PEP'in ötesinde kullanımdan kaldırılmasına kadar olan geliştirme ve uygulama aşamaları.
system qualification test (ASPICE)	Testing conducted on the completed, integrated system of software components, hardware components and mechanics to provide evidence for compliance with the system requirements and that the complete system is ready for delivery.	Sistem yeterlilik testi (ASPICE)	Sistem gereksinimlerine uygunluk ve sistemin tamamının teslimata hazır olduğuna dair kanıt sağlamak için tamamlanmış, entegre yazılım bileşenleri, donanım bileşenleri ve mekanik sistem üzerinde gerçekleştirilen test.
System of systems testing	Testing a system of systems to verify that it meets specified requirements.	Sistemler sistemi testi	Belirtilen gereksinimleri karşıladığını doğrulamak için bir sistemler sisteminin testi.
Test item	1. See ISTQB® Glossary 2. Test item in the automotive context consists of a software configuration including basic parameterization and usually also a hardware and mechanics. [6]	Test öğesi	1. ISTQB® Sözlüğü'ne bakınız 2. Otomotiv bağlamında test öğesi, temel parametrelendirmeyi içeren bir yazılım yapılandırmasından ve genellikle bir donanım ve mekanikten oluşur. [6].
Tier 1…n	The suppliers in the supply chain on the different levels are named Tier 1…n. The direct suppliers of the OEM are called Tier 1, the suppliers of a Tier 1 are called Tier 2, etc.	Katman 1…n	Tedarik zincirinde farklı seviyelerde yer alan tedarikçiler Katman 1...n olarak adlandırılır. OEM'in doğrudan tedarikçileri Katman 1 olarak adlandırılır, Katman 1'in tedarikçileri Katman 2 olarak adlandırılır, vb.
Test documentation	Documentation describing plans for, or results of, the testing of a system or component. [ISO/IEC/IEEE 24765]	Test dokümantasyonu	Bir sistem veya bileşenin testine ilişkin planları veya sonuçları açıklayan dokümantasyon. [ISO/IEC/IEEE 24765]
Test strategy	See ISTQB® Glossay 3.1	Test stratejisi	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.
Traceability	See ISTQB® Glossay 3.1	İzlenebilirlik	ISTQB® Sözlüğü 3.1'e bakınız.
Verification criteria	Verification criteria defining qualitative and quantitative criteria which must be fulfilled to successfully verify a test item.	Doğrulama kriterleri	[7]Bir test öğesini başarılı bir şekilde doğrulamak için karşılanması gereken niteliksel ve niceliksel kriterleri tanımlayan doğrulama kriterleri.

Terimler	Definition / Meaning	Terim	Tanım
Verification strategy	A high-level plan for the verification of an item containing verification criteria, verification activities with associated methods, techniques and tools, and work products or processes under verification.	Doğrulama stratejisi	[7]Doğrulama kriterlerini, ilgili yöntem, teknik ve araçlarla doğrulama faaliyetlerini ve doğrulama altındaki iş ürünlerini veya süreçlerini içeren bir öğenin doğrulanması için üst düzey bir plan.
XiL test environment	A generic term for dynamic testing in different virtual test environments. See also Hardware in the Loop, Software in the Loop, Model in the Loop	XiL test ortamı	Farklı sanal test ortamlarında dinamik test için genel bir terim. Ayrıca bkz. Donanım İçinde Döngü, Yazılım İçinde Döngü, Model İçinde Döngü.

Yazılım Test ve Kalite Derneği | www.turkishtestingboard.org | info@turkishtestingboard.org
Tel: +90 212 276 06 48 | Faks: +90 212 276 06 47

Kısaltmalar

Bu ders programında aşağıdaki kısaltmalar kullanılmıştır:

Kısaltma	İngilizce Tanım	Tanım	Referans
ACQ	Acquisition	Ürün ve/veya hizmet edinimi	[7]
ASIL	Automotive Safety Integrity Level	Otomotiv Güvenlik Bütünlük Seviyesi	[8]
ASAM	Association for Standardisation of Automation and Measuring Systems	Otomasyon ve Ölçüm Sistemlerinin Standartlaştırılması Derneği	[18]
ASPICE	Automotive SPICE	Otomotiv SPICE	
AUTOSAR	Automotive Open System Architecture	Otomotiv Açık Sistem Mimarisi	[9]
AUTOSIG	Automotive Specific Interest Group	Otomotiv Spesifik İlgi Grubu	[17]
BP	Base Practice	Temel Uygulama	[7]
BSW	Base Software	Temel Yazılım	[9]
CTFL®	Certified Tester Foundation Level	Sertifikalı Test Uzmanı Temel Seviyesi	
E/E	Electric / Electronic	Elektrik / Elektronik	
ECU	Electronic Control Unit	Elektronik Kontrol Ünitesi	
EES	Electrical Error Simulation	Elektriksel Hata Simülasyonu	[16]
EOP	End-of-Production	Üretim Sonu	
FIU	Fault Insertion Unit	Hata Ekleme Birimi	[18]
GP	Generic Practice	Genel Uygulama	[7]
HiL	Hardware-in-the-Loop	Donanımda Döngü	
IEC	International Electrotechnical Commission	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu	
ISO	International Organization for Standardization	Uluslararası Standardizasyon Organizasyonu	
ISTQB®	International Software Testing Qualifications Board	Uluslararası Yazılım Testi Kalitesi Kurulu	
MAN	Management (ASPICE)	Yönetim (ASPICE)	[7]

Kısaltma	İngilizce Tanım	Tanım	Referans
MC/DC	Modified Condition/Decision Coverage	Modifiye Durum/Karar Kapsama	
MIL	Model in the loop	Modelde Döngü	
MISRA	Motor Industry Software Reliability Association	Motor Endüstrisi Yazılım Güvenilirlik Derneği	
OEM	Original Equipment Manufacturer	Orijinal Ekipman Üreticisi	
PA	Process Attribute	Süreç Özelliği	[7]
PEP	Product Evolution Process	Ürün Evrim Süreci	[15]
PIM	Process Improvement (ASPICE)	Süreç İyileştirme (ASPICE)	[7]
QM	Quality Management	Kalite Yönetimi	
REU	Reuse (ASPICE)	Yeniden Kullanım (ASPICE)	[7]
RTE	Run Time Environment	Çalışma Zamanı Ortamı	[9]
SIL	Software in the Loop	Yazılımda Döngü	
SOP	Start-of-Production	Üretim Başlangıcı	
SPICE	Software Process Improvement and Capability Determination	Yazılım Süreç İyileştirme ve Yetenek Belirleme	[7]
SPL	Supply (ASPICE)	Ürün ve/veya hizmet sunumu	[7]
SUP	Support (ASPICE)	Destek (ASPICE)	[7]
SW	Software	Yazılım	
SW-C	Software Component	Yazılım Bileşeni	[9]
SWE	Software Engineering (ASPICE)	Yazılım Mühendisliği (ASPICE)	[7]
SYS	System Engineering (ASPICE)	Sistem Mühendisliği (ASPICE)	[7]
VDA	German Association of the Automotive Industry	Alman Otomotiv Sanayi Derneği	
WP	Work Product	İş Ürünü	[7]
XCP	Universal Measurement and Calibration Protocol	Evrensel Ölçüm ve Kalibrasyon Protokolü	[19]
XIL	Stands as upper tem for different in the Loop	Döngüdeki farklı terimler için üst terim olarak kullanılır	

Dizin

A

Acceptance test (Kabul testi) 30, 31
ASIL (Otomotiv Güvenlik Bütünlük Seviyesi) 26
Automotive SPICE (Otomotiv SPICE) 19
AUTOSAR (Otomotiv Açık Sistem Mimarisi) 29

B

Back-to-back testing (Arka arkaya test) 44

C

Closed-Loop system (Kapalı döngü sistemi) 34
Coding guidelines (Kodlama kılavuzları) 41
Component test (Bileşen testi) 31, 46
Condition coverage (Koşul kapsamı) 43
Condition testing (Koşul Testi) 43
Criteria for verification (Doğrulama kriterleri) 23

D

Display of levels (Seviyelerin gösterimi) 20

E

Environment model (Çevre modeli) 36, 37

F

Fault injection (Hata enjekte etme) 41
Functional safety (Fonksiyonel güvenlik) 24

H

Hardware in the Loop (Donanımda döngü) 37

I

Integration (Entegrasyon) 29
Integration test (Entegrasyon testi) 21, 30

M

MC/DC-Test (Modifiye Durum/Karar Kapsama testi) 57
Method tables (Yöntem tabloları) 27, 32
Model in the Loop (Modelde döngü) 36
Modified condition/decision testing (değiştirilmiş koşul/karar testi) 43
Multiple condition test (Çoklu koşul testi) 43
Multi-system test (Çoklu sistem testi) 31

O

Open-Loop-System (Açık döngü sistemi) 34

P

Process category (Süreç kategorisi) 20
Process group (Süreç grubu) 20
Process improvement (Süreç iyileştirme) 19, 20
Process models (Süreç modelleri) 19

Q

Quality characteristics (Kalite özellikleri) 42

R

Reference processes (Referans süreçler) 20
Regression test strategy (Regresyon test stratejisi) 22
Release (Sürüm) 17
Release item (Sürüm öğesi) 17
Requirements-based testing (Gereksinime dayalı test) 44

S

Safety life cycle (Güvenlik yaşam döngüsü) 24, 26
Software component verification (Yazılım bileşeni doğrulama) 21
Software in the Loop (Yazılımda döngü) 37
Software qualification test (Yazılım yeterlilik testi) 21
System integration test (Sistem entegrasyon testi) 21, 30, 31
System life cycle (Sistem yaşam döngüsü) 15, 16
System qualification test (Sistem yeterlilik testi) 21, 31
System test (Sistem testi) 31, 38, 40

T

Test documentation (Test dokümantasyonu) 21
Test levels (Test seviyeleri) 30, 31, 40
Test strategy (Test stratejisi) 22
Traceability (İzlenebilirlik) 23

V

Verification (Doğrulama) 22, 23, 26
Verification strategy (Doğrulama stratejisi) 22

X

XiL test environments (XiL test ortamları) 36