



SIEMENS

Ingenuity for life

Siemens Digital Industries Software

Koordinieren der Entwicklung von Embedded-Anwendungen für Automotive

Bereitstellen und Überwachen von
Anwendungen

Kurzdarstellung

Softwareanwendungen für Automotive müssen für die spezifischen Funktionen und die spezifische Hardware jeder einzelnen Fahrzeugvariante konfiguriert und kalibriert werden, was zu Hunderten möglicher Varianten führt. Eine neue Dimension erhält diese Herausforderung dadurch, dass OEMs die Anwendungen nach der Freigabe an die Fahrzeugfertigung und sogar nach der externen Freigabe verfolgen und pflegen müssen. Eine einheitliche Plattform für die Koordination der Anwendungsentwicklung ermöglicht das Bereitstellen genauer Anwendungen von hoher Qualität über das gesamte Spektrum der Fahrzeugvarianten. Zusätzlich unterstützt die Plattform die Überwachung der Anwendungen nach der Bereitstellung.

Piyush Karkare
Siemens Digital Industries Software

Einführung

Fahrzeugelektrifizierung, -konnektivität und -automatisierung sowie Shared Mobility erhöhen den Bedarf an Software auf höchstem Niveau, die als Grundlage für Funktionen wie Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistant System, ADAS), Batteriemangement, Verkehrsvernetzung (Vehicle-to-everything-Kommunikation, V2X) usw. dient (Abbildung 1). Der Betrieb jeder dieser Funktionen erfordert eine Kombination aus komplexen Softwareanwendungen, wodurch die Komplexität der fahrzeuginternen Software insgesamt massiv zunimmt. Heutzutage umfasst die Fahrzeugsoftware in der Regel mehr als 150 Millionen Codezeilen.

Zusätzlich zur wachsenden Komplexität führen die Megatrends im Bereich Automotive – autonomes Fahren, Konnektivität, Elektrifizierung und Shared Mobility (ACES) – zu Veränderungen bei Software-, elektrischen und elektronischen Architekturen. Zu beobachten ist eine stärkere Zentralisierung dieser Architekturen, die sich darin äußert, dass eine größere Anzahl von Fahrzeugfunktionen über eine kleinere Anzahl von Domain Control Units (DCUs) und einen standardisierten Softwarebasislayer verwaltet wird. Die Erstellung einer Standardsoftwareplattform unterstützt OEMs bei der Skalierung ihrer Softwarefunktionen auf das gesamte Produktportfolio, führt aber auch dazu, dass die Entwicklung und Bereitstellung von Fahrzeugsoftware-Builds komplexer wird. Ingenieure im Bereich Automotive Software sind gefordert, diese enorme Komplexität zu meistern und dem Endkunden als einfache, intuitive Benutzererfahrung zu präsentieren.

Im Mittelpunkt der bahnbrechenden Veränderungen im heutigen Automotive-Markt steht die Neuerfindung der unabhängigen, persönlichen Mobilität und nicht die Neuerfindung der Transporttechnologien. Die Verbraucher wünschen sich mehr Auswahl und

Freiheit bei den Transportoptionen. In der heutigen Zeit ist das gleichbedeutend mit einer größeren Zahl von Optionen bei der Fahrzeugpersonalisierung. In Zukunft werden auf dieser Grundlage reagible, flexible Mobilitätssysteme entstehen. Automotive OEMs bieten schon jetzt erweiterte Optionen für die Fahrzeuganpassung in Form umfangreicher Kataloge mit optionalen Funktionen an. Der Einzug der autonomen, vernetzten und geteilten („shared“) Mobilität stellt die Hersteller vor die Aufgabe, die Erfordernisse der Kunden mit der Produktion eines Mix aus Fahrzeugkonfigurationen zu erfüllen. Bei der Entwicklung der Softwarekonfiguration ist darauf zu achten, dass jede dieser Fahrzeugausführungen unterstützt wird. Aufgabe der Softwareingenieure ist es, die Softwarekonfigurationen so zu optimieren, dass eine maximale Anzahl von Fahrzeugausführungen mit einer möglichst geringen Anzahl von Anwendungen und Anwendungskonfigurationen unterstützt wird.

Die meisten kundenseitigen Funktionen sind den Bereichen Elektrik, Elektronik und Software zuzurechnen. In der Regel handelt es sich um Fahrerassistenzsysteme (Advanced Driver Assistant System, ADAS), erweiterte Infotainmentsysteme, konfigurierbare Innenraumbeleuchtung, Außenbeleuchtung und Fahrzeugvernetzung per Mobilfunk. Diese Funktionen können für die Fahrzeugausführungen konfiguriert werden, um die Volumenmargen zu maximieren. Bei grundlegenden Fahrzeugsystemen wie Motorsteuerung, Batteriemangement, Drehmomentmanagement, Bremsen und Lenken wird der Fahrerinput vor allem mittels Softwaresteuerungen und Elektronik in Aktionen umgesetzt. Infolgedessen weist jede Fahrzeugkonfiguration andere Softwareanforderungen auf, die durch die vorhandenen Fahrzeugfunktionen und die zur Umsetzung dieser Funktionen verwendete Systemarchitektur beeinflusst werden.



Abbildung 1: Mit den Megatrends autonomes Fahren, Konnektivität, Elektrifizierung und Shared Mobility wächst die Bedeutung von Software und Elektronik im Automotive-Markt.

Softwareingenieure stehen nicht nur vor der Aufgabe, den erwarteten hohen Entwicklungsgrad der einzelnen Anwendungen zu realisieren, sondern müssen auch die Konfiguration und Kalibrierung dieser Anwendungen und ganzer Software-Builds auf die verschiedenen Fahrzeugvarianten abstimmen. Jede Softwarekonfiguration muss für die richtige Fahrzeugausführung bereitgestellt werden, und zwar mit der passenden, für die jeweilige Variante vorgesehenen Softwarekalibrierung.

Auch bei den Prozessen zur Anwendungskonfiguration und -kalibrierung führt die Zentralisierung der Softwarearchitekturen zu Veränderungen. Die Loslösung der Software von der Hardware führt dazu, dass die Konfiguration von Anwendungen zukünftig von einer Kombination der Einschränkungen von Hardware- und Softwareplattformen abhängen wird. Mit dem Streben nach einer Konsolidierung der Hardware verlagert sich die Komplexität auf die Softwareseite und Anwendungen werden über Softwarefunktionen realisiert. Diese Anwendungen können auf mehrere ECU-Abstraktionen (Electronic Control Unit, elektronisches Steuergerät) portiert und für bestimmte personalisierte

Fahrzeugausführungen konfiguriert werden. Ein Softwarebasis- oder ein Firmwarelayer zwischen Anwendung und Hardware kann es außerdem schwieriger machen, zu verfolgen, wie und wo Anwendungen auf einer Fahrzeugplattform oder bei den OEMs bereitgestellt werden.

Aber das Konfigurieren und Bereitstellen von Anwendungen und Software-Builds für jede Variante ist nicht die einzige Herausforderung. Wenn zum Beispiel bei Einsatzfahrzeugen verborgene Fehler oder Probleme auftreten, muss der OEM diese schnellstmöglich identifizieren und beheben. Angesichts der zunehmenden Komplexität von Softwareanwendungen und des Bedarfs an unterschiedlichen Konfigurationen wird die Überwachung von Embedded-Anwendungen für Automotive zu einer weiteren wachsenden Herausforderung. Wenn Probleme auftreten, müssen OEMs in der Lage sein, so schnell wie möglich potenzielle Fehlerauswirkungen auf die verschiedenen Fahrzeugvarianten zu ermitteln und eine Lösung zu entwickeln, die für die verschiedenen Varianten umgesetzt werden kann. Ebenso komplex stellt sich die Situation bei Over-the-air-Updates und bei Ausführungen für die Fahrzeugmontage dar.

Entscheidende Herausforderungen der Anwendungsbereitstellung und -überwachung

Bei allen diesen Herausforderungen geht es um die letzten und wohl wichtigsten Komponenten für die Fahrzeugstruktur (Abbildung 2).

Entscheidende Herausforderungen

In dieser Phase der Entwicklung von Embedded Software treten häufiger folgende Herausforderungen auf:

- Änderungen in letzter Minute. Es ist wichtig, die Kontrolle über die Änderungen zu behalten und eine umfassende Verfolgbarkeit des Änderungserfordernisses zur und von der Systemebene zu gewährleisten. Dies wird jedoch häufig nicht beachtet. Die Folgen sind „Scope-Creep“, Verzögerungen und teure Nacharbeit in späteren Phasen, denn späte Änderungen können zu neuen Fehlern führen, die unentdeckt bleiben, wenn das Team auf die Einhaltung der Zeitvorgaben für einen Fahrzeugmeilenstein konzentriert ist.
- Domänenübergreifende Änderungen. Änderungen in letzter Minute treten nicht nur bei der Software auf. Bei elektrischen, mechanischen und anderen Systeme kommt es oft selbst nach Abschluss aller Prüfungen und nach der Abnahme zu Designänderungen. Selbst endgültig festgeschriebene, eingefrorene Daten werden unter Umständen geändert. Diese domänenübergreifenden Änderungen im Auge zu behalten und Aktualisierungen für Softwarebereitstellungen abgestimmt vorzunehmen, ist eine höchst komplizierte Aufgabe, die das Risikopotenzial erheblich steigert. Alle Engineering-Teams brauchen einen umfassenden Einblick in die Änderungen und deren Auswirkungen, und zwar von der Systemebene abwärts und wieder zurück.

- Verwaltung der Anwendungskonfiguration. Fahrzeugplattformen bringen Dutzende unterschiedlicher Fahrzeugausführungen mit einem Mix aus gemeinsamen und spezifischen Funktionen, Komponenten und Embedded Hardware hervor. Die Softwaredomäne muss die Konfiguration der Software-Builds an jede dieser Fahrzeugausführungen anpassen, was die Komplexität schnell ansteigen lässt. Softwareingenieure müssen nicht nur gewährleisten, dass die für die einzelnen Fahrzeuge bereitgestellte Software aus funktionaler Sicht vollständig ist, sondern auch, dass sie in vollem Umfang mit der Hardware der Fahrzeugausführung kompatibel ist. Neben der richtigen Konfiguration mit der entsprechenden Kalibrierung muss sie auch die entsprechenden Bootladeprogramme bereitstellen. Das ist besonders wichtig, wenn Kundenfahrzeuge unterwegs über OTA-Updates aktualisiert werden.

Um zu gewährleisten, dass die Anwendungen kompatibel sind und im Zeitplan sowie in hoher Qualität bereitgestellt werden, brauchen die Ingenieure eine robuste Entwicklungsplattform für Embedded-Anwendungen. Diese muss in der Lage sein, den Test- und Qualitätssicherungsprozess von der Planung über die Tests bis zur Dokumentation zu koordinieren, mit domänenübergreifenden und in einer späten Projektphase auftretenden Änderungen umzugehen und diese Daten für die Bereitstellung der endgültigen Fahrzeugstückliste zusammenzustellen.

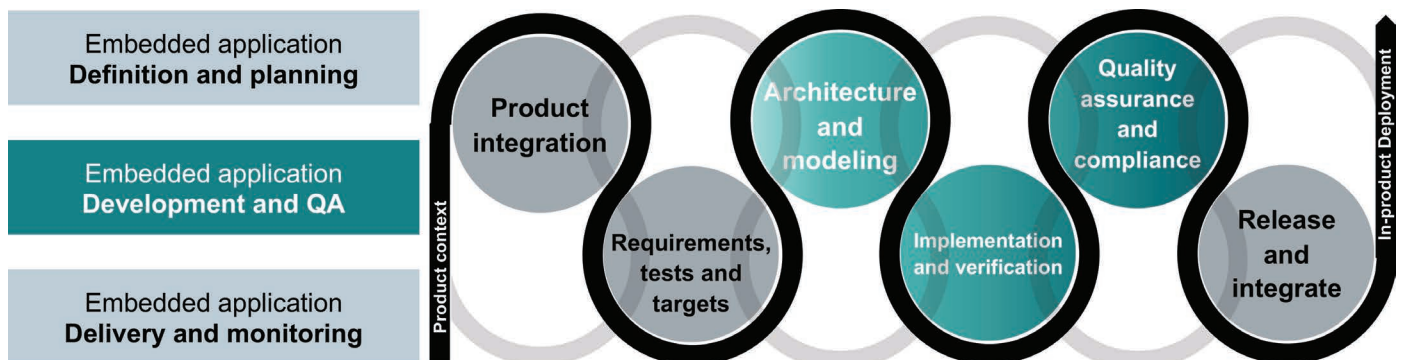


Abbildung 2: Die Anwendungsbereitstellung und -überwachung deckt die Implementierung von Änderungen aus der Qualitätssicherung sowie die Bereitstellung und Überwachung der endgültigen Anwendungs-Binärdatei für Software-Builds und Fahrzeuge ab.

Bereitstellen und Überwachen von Embedded-Anwendungen mit einer einheitlichen Plattform

Moderne Plattformlösungen für das Engineering von Embedded-Anwendungen koordinieren die Bereitstellung von Anwendungen für die richtigen Stücklisten der Fahrzeugausführungen: as-designed (wie konstruiert) an as-released (wie freigegeben), an as-built (wie gefertigt). Außerdem gewährleisten sie, dass die Ingenieure Anwendungen nach der Freigabe überwachen können: as-built- an as-serviced-Stückliste (as-serviced, wie gewartet). Mit diesen Lösungen kann die Prüfung und Validierung der Anwendungs-Builds im Kontext der entsprechenden System- oder Produktvarianteneinschränkungen koordiniert werden. Dazu gehört, die für die einzelnen Produktvarianten erstellte Landschaft aus Fahrzeughardware und -komponenten zu ermitteln und zu gewährleisten, dass die Anwendungen in allen relevanten Hardwarelandschaften getestet werden.

Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Ingenieure vollständig geprüfte und validierte Builds bereitstellen können, die alle Hardware- und Systemeinschränkungen erfüllen. Durch die lückenlose Aufzeichnung aller Prüftätigkeiten werden gleichzeitig die Konformitätskosten und die Produkthaftungskosten reduziert.

Implementierung und Prüfung

Während der Anwendungsentwicklungs- und Qualitätssicherungsprozesse wird kontinuierlich Anwendungscode erstellt, getestet, aktualisiert und erneut getestet. Dadurch wird gewährleistet, dass die Anwendung wie vorgesehen arbeitet und das Design korrekt ist. Im Kontext der Aktivitäten zur Anwendungsbereitstellung und -überwachung konzentrieren sich die Ingenieure auf die Weiterentwicklung und Festschreibung des Codes, damit die Anwendungen für die Bereitstellung an die Fahrzeuge vorbereitet werden können (Abbildung 3). Softwaretests, die in erster Linie Model-in-the-loop- und Software-in-the-loop-Tests (MiL/SiL) umfassen, werden durch Hardware-in-the-loop- und Vehicle-in-the-loop-Tests (HiL/ViL) abgelöst. Dabei wird die Anwendung mit virtueller (HiL) und physischer (ViL) Hardware und sogar das gesamte Fahrzeug auf realen Teststrecken geprüft.

Die Ingenieure müssen fortlaufend bestätigen, dass die Implementierung mit den Hardware- und Systemeinschränkungen des Fahrzeugs konsistent ist. Dabei müssen auch Änderungen, die an anderen, verwandten Anwendungen vorgenommen wurden, berücksichtigt werden. Die dauerhafte Abstimmung auf die System- und Hardwareeinschränkungen und -anforderungen stellt vor allem dann eine Herausforderung dar, wenn Codeänderungen ermittelt und angewendet werden. Ein prüfbarer Änderungsverwaltungsprozess ist erforderlich, um zu gewährleisten, dass Änderungen kontrolliert werden und in vollem Umfang bis zu den Anwendungseinschränkungen und -anforderungen

zurückverfolgt werden können. Der Prozess muss auch ausreichend flexibel sein, um Aktualisierungen des Codes nach MiL-, SiL-, HiL- und ViL-Tests zuzulassen.



Abbildung 3: Mit fortschreitender Weiterentwicklung des Codes müssen die Ingenieure laufend die Funktionalität der Anwendung prüfen und validieren.

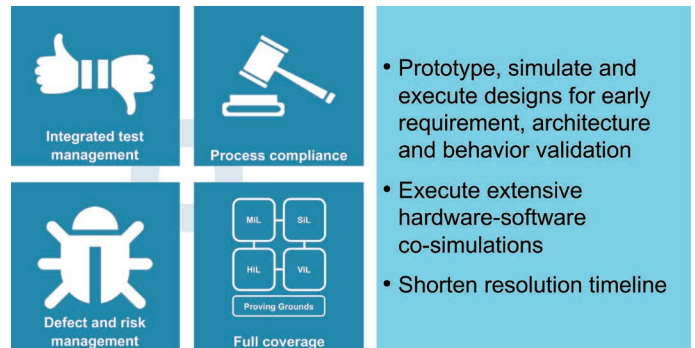


Abbildung 4: Die Qualitätssicherung prüft und validiert Embedded-Anwendungen im Kontext der Systemhardware.

Qualitätssicherung

Qualitätssicherung und Zertifizierung der Konformität sind meist ein kontinuierlicher Prozess, der sich über die gesamte Entwicklung erstreckt. Ziel der Qualitätssicherung ist es, Anwendungen im Kontext der Systemhardware zu prüfen (Funktion wie vorgesehen) und zu validieren (für bestimmte Funktion vorgesehen) (Abbildung 4). Softwareingenieure definieren Testfälle, -pläne und -vektoren, während die Designanforderungen, -architekturen und -modelle erstellt werden. Dabei stehen sie vor der Herausforderung, alle diese

Daten auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen mit den relevanten Work Items koordinieren zu müssen. Die Software muss auf allen Abstraktionsebenen, von den einzelnen Funktionen bis hinauf zu den Features auf Fahrzeugebene getestet werden. Nachdem die Tests abgeschlossen sind, müssen die Ergebnisse dem relevanten Work Item zugeordnet werden, um zu belegen, dass das Item die erforderliche Leistung erbringt oder aber fehlerhaft ist und korrigiert werden muss.

Beim Entwickeln und Testen von Softwarearchitekturen, Modellen und Code erzeugen die Ingenieure ständig neue Daten. Für jede Testrunde müssen die Softwareingenieure die Testpläne mit Details zum Testfall, zur Strategie für die Testausführung, zu Testvektoren und zu sonstigen Faktoren für jedes Work Item ausführen. Nach Abschluss der Tests müssen die Probleme protokolliert (nach Möglichkeit automatisch oder halbautomatisch, basierend auf bestimmten Bedingungen) und behoben werden, während die Testergebnisse den jeweiligen Testläufen zugeordnet werden. Diese Datenzuordnungen sind für den Nachweis der Testabdeckung von entscheidender Bedeutung und unterstützen eine umfassende Verfolgbarkeit von den Anforderungen bis zur Implementierung.

Die Daten müssen verfolgt und dem jeweiligen Software-Build bzw. der entsprechenden Konfiguration zugeordnet werden. Traditionell werden diese komplexen Datenbeziehungen von den Ingenieuren manuell

verwaltet, sodass die Entwicklungs- und Engineering-Arbeiten zeit- und aufwandsmäßig entlastet werden.

Anwendungsfreigabe und -integration

Als Voraussetzung für die Anwendungsfreigabe müssen die Softwareingenieure die Anwendungs-Builds für die jeweiligen Produktstücklisten koordinieren (Abbildung 5). Wichtig ist vor allem, dass jeder Anwendungs-Build im Kontext der Fahrzeug- bzw. Systemvariante erstellt wird, in der er auch bereitgestellt wird. Dazu müssen die Ingenieure gewährleisten, dass die Anwendung unter den spezifischen Hardware- und Systemeinschränkungen der Fahrzeugvariante vollständig geprüft und validiert wird. Häufige Softwaretests und -aktualisierungen sowie Änderungen der Variantenhardware oder Systemkonfiguration machen dies zu einer großen Herausforderung.

Jede freigegebene Anwendung muss zu den as-built- und as-serviced-Stücklisten des Fahrzeugs, in dem sie installiert wird, zurückverfolgbar sein. Dies macht es möglich, Anwendungen in Kundenfahrzeugen zu verfolgen und zu gewährleisten, dass sie während der Lebensdauer des Fahrzeugs immer auf dem neuesten Stand sind.

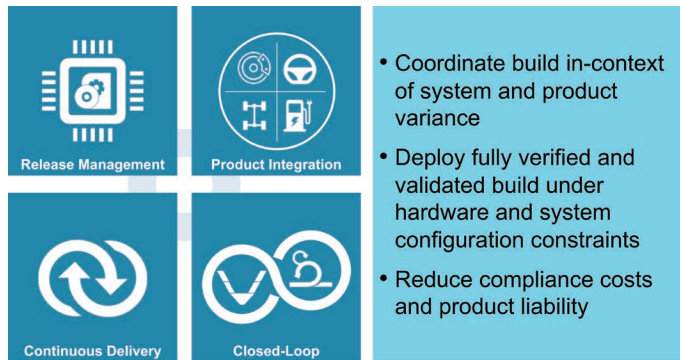


Abbildung 5: Anwendungsfreigabe und -integration erfordern, dass Anwendungs-Builds auf die spezifischen Produktstücklisten abgestimmt werden.

Fazit

Die Entwicklung von Embedded-Anwendungen für Automotive ist ein facettenreicher und herausfordernder Prozess, der von der anfänglichen Definitions- und Planungsphase bis zur letzten Hürde, der Bereitstellung von qualitativ hochwertigen Anwendungen in der richtigen Konfiguration für das richtige Fahrzeug, reicht. Dazu ist die Zusammenarbeit zahlreicher domänenübergreifender Teams und Stakeholder erforderlich. Eine einheitliche digitale Plattform für die Entwicklung von Embedded-Anwendungen ermöglicht die Zusammenarbeit und Sichtbarkeit über verschiedene Domänen, einschließlich Software, Hardware und System Engineering, hinweg. Unternehmen können mit dieser Plattform auch bewährte Softwarekomponenten wiederverwenden, um die Entwicklung neuer und abgewandelter Anwendungen zu beschleunigen.

Bei der Anwendungsentwicklung, -bereitstellung und -überwachung lässt sich von der Entwicklungsplattform für Embedded-Anwendungen eine Verbindung zu verschiedenen Werkzeugen herstellen. Über diese Verbindung können Daten zur Codeleistung und -abdeckung bereitgestellt und eine Abstimmung mit Methoden und Codierstandards wie MISRA-C vorgenommen werden.

Die umfassende Verfolgbarkeit über die Software-Engineering-Plattform ermöglicht ein geschlossenes System aus Überwachung und Aktualisierungen. Während die Softwareingenieure die bereitgestellte Software überwachen, ermöglicht die Verfolgbarkeit von der Produkt- bzw. Fahrzeugebene bis zu den Anforderungen, Spezifikationen und sonstigen Datenartefakten auf der Konzeptionsebene eine schnelle Optimierungsreaktion. Diese Reaktion ist entscheidend für das Beheben von Problemen, die bei der Nutzung auftreten können, die Verbesserung der Kundensicherheit und die Reduzierung oder Eliminierung von Gewährleistungskosten aufgrund fehlerhafter Fahrzeuge.

Autos werden nicht nur weiter elektrifiziert, sondern auch digitalisiert. Die Software übernimmt die Kontrolle über immer mehr für den Kunden wichtige Fahrzeugfunktionen. Die OEMs müssen ihre Softwareentwicklungsprozesse weiterentwickeln, um die Nachfrage der Kunden nach zunehmend vernetzten und intelligenten Fahrzeugen zu decken. Eine zentrale Plattform für Erfassung, Zusammenarbeit und Steuerung des gesamten Anwendungsentwicklungsprozesses schafft die Voraussetzungen für Innovationen, die für die Wettbewerbsfähigkeit in diesem neuen Markt ausschlaggebend sind.

Weitere Informationen über die Unterstützung, die Lösungen von Siemens Ihnen bieten können, finden Sie unter [siemens.com/aes](https://www.siemens.com/aes). Hier werden zusätzliche Inhalte wie Blogs, White Papers, Podcasts, Produktvideos, Webinare, Lösungsfunktionen und Infografiken bereitgestellt.

Siemens Digital Industries Software

Hauptsitz

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 972 987 3000

Nord-, Mittel- und Südamerika

Granite Park One
5800 Granite Parkway
Suite 600
Plano, TX 75024
USA
+1 314 264 8499

Europa

Stephenson House
Sir William Siemens Square
Frimley, Camberley
Surrey, GU16 8QD
+44 (0) 1276 413200

Asien-Pazifik

Unit 901-902, 9/F
Tower B, Manulife Financial Centre
223-231 Wai Yip Street, Kwun Tong
Kowloon, Hongkong
+852 2230 3333

Über Siemens Digital Industries Software

Siemens Digital Industries Software fördert die Transformation von Unternehmen auf ihrem Weg in Richtung „Digital Enterprise“, in dem Engineering, Fertigung und Elektronikdesign bereits heute den Anforderungen der Zukunft entsprechen. Unsere Lösungen unterstützen Unternehmen jeder Größe bei der Entwicklung digitaler Zwillinge, die ihnen neue Einblicke, Möglichkeiten und Automatisierungsgrade bieten, um Innovationen voranzutreiben. Weitere Informationen über die Produkte und Leistungen von Siemens Digital Industries Software finden Sie unter [siemens.com/software](https://www.siemens.com/software) oder folgen Sie uns über [LinkedIn](#), [Twitter](#), [Facebook](#) und [Instagram](#). Siemens Digital Industries Software – Where today meets tomorrow.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2019 Siemens. Eine Liste wichtiger Warenzeichen von Siemens findet sich [hier](#). Alle anderen Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

81257-82105-C1-DE 6/20 LOC