

An industrial robot arm, primarily orange and red, is shown in a factory setting. The robot's end effector is a welding torch, which is actively welding a metal surface, creating a bright, starburst pattern of sparks. The background is a blurred industrial environment with various machinery and structures.

AMD 
XILINX

Adaptive Computing in der Robotertechnik

Macht die Produktion
intelligent

Kurzfassung

Die Nachfrage nach Robotern wächst rasant. Nach Angaben des Marktforschungsunternehmens Statista wird sich beispielsweise der weltweite Markt für Industrieroboter von 81 Milliarden US-Dollar im Jahr 2021 auf über 165 Milliarden US-Dollar im Jahr 2028 mehr als verdoppeln ⁽¹⁾. Natürlich gibt es bereits die Technologien, die Sie brauchen, um einen Roboter zu bauen, der zuverlässig und sicher ist und mit Menschen Hand in Hand arbeiten kann. Aber das Zusammenwirken dieser Technologien kann eine große Herausforderung sein.

Erschwerend kommt hinzu, dass es durch den Einsatz von künstlicher Intelligenz immer schwieriger wird, mit den Anforderungen an die Rechenleistung Schritt zu halten. Um dem hohen Innovationstempo von heute gerecht zu werden, setzen Robotik-Ingenieure auf adaptive computing plattformen. Diese bieten geringere Latenzen und eine deterministische Steuerung für mehrere Motoren mit integrierten Sicherheitsfunktionen auf einer modularen Plattform, die zukunftssicher skalierbar ist.





Inhaltsverzeichnis

KAPITEL 1: STEIGENDE NACHFRAGE NACH ROBOTERN	1
KAPITEL 2: WAS IST EIN ROBOTER	4
KAPITEL 3: ALLGEMEINE HERAUSFORDERUNGEN BEIM DESIGN	8
KAPITEL 4: HEUTIGE ROBOTERTECHNOLOGIE	12
KAPITEL 5: ZUKÜNFTIGE ROBOTERTECHNOLOGIE	16
KAPITEL 6: EINFÜHRUNG IN DAS ADAPTIVE COMPUTING	19
KAPITEL 7: ADAPTIVE SOMS FÜR ROBOTER	22
KAPITEL 8: DAS ROBOTERBETRIEBSSYSTEM FRAMEWORK ROS 2	25
KAPITEL 9: HARDWAREBESCHLEUNIGUNG BEI ROS	28
KAPITEL 10: ZUSAMMENFASSUNG	31

KAPITEL 1

Der Bedarf an Robotern wächst

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: VERTICAL FARMING MIT KI UND ROBOTERN

Einfache Tätigkeiten, wie die Pflege von Pflanzen in einer Gärtnerei, können mit Hilfe von Robotern wie diesen verrichtet werden..



Es ist noch gar nicht so lange her, da waren Roboter nichts weiter als die Spinnerei von Science-Fiction-Autoren, aber heute sind Roboter überall.

Aus dem Bericht World Robotics 2021 Industrial Robots der Internationalen Gesellschaft für Robotik (IFR) geht hervor, dass weltweit etwa drei Millionen Industrieroboter in Fabriken im Einsatz sind, was einem Anstieg von 10 % gegenüber dem Vorjahr entspricht (Abbildung 1).⁽²⁾ Der Markt für professionelle Serviceroboter wuchs im Jahr 2020 um 12 % auf 6,7 Milliarden Dollar, der Markt für Serviceroboter für private Nutzer wuchs um 16% auf 4,4 Milliarden Dollar.⁽³⁾

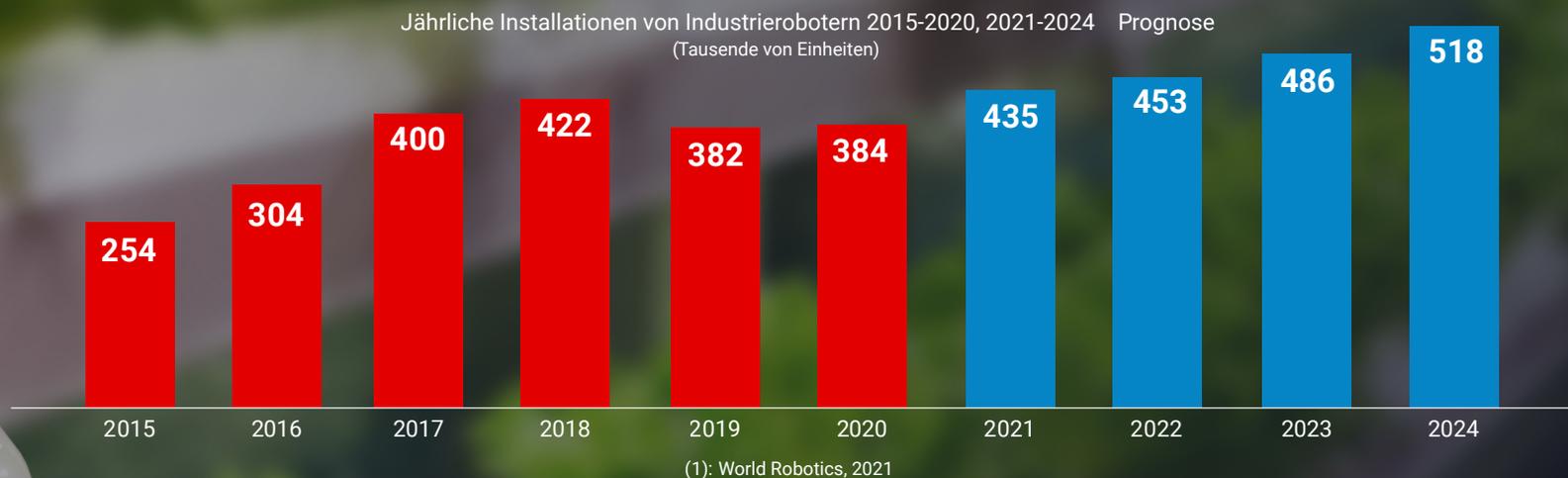


Abbildung 1 - Laut IFR wurden bis Ende 2020 weltweit fast drei Millionen Industrieroboter

KAPITEL 1: STEIGENDE NACHFRAGE NACH ROBOTERN

Viele Roboter werden heute dort eingesetzt, wo der Arbeitsmarkt angespannt ist und um Arbeiten zu erledigen, die Menschen nicht machen wollen oder nicht mit der gleichen Präzision erledigen können. In den USA werden die meisten Roboter⁽³⁾ in den Bereichen Automobilindustrie, Elektronik, Kunststoff/Chemie und Metallverarbeitung eingesetzt. Roboter können in gefährlichen Umgebungen oder auf engem Raum arbeiten, mit giftigen Chemikalien hantieren, schwere Gegenstände heben und wiederkehrende Arbeitsschritte mit Leichtigkeit ausführen. Sie können rund um die Uhr gleichbleibend genaue und hochwertige Ergebnisse liefern, brauchen keine Pause.

In den letzten Jahren gab es in Fabriken, Landwirtschaftsbetrieben und in anderen industriellen Bereichen zunehmend Schwierigkeiten, Arbeitskräfte zu finden. Angesichts knapper Arbeitskräfte und der Probleme in der Lieferkette hatten diese Unternehmen keine andere Wahl, als auf halb- oder vollautonome Systeme umzusteigen, um sich zu behaupten.



Abbildung 2 - Manche Roboter arbeiten in gefährlichen Umgebungen und verringern das Risiko für Mitarbeiter.

In dem Maße, wie sich Software und Bildverarbeitungstechnologien weiterentwickeln und adaptives Computing an Fahrt gewinnt, werden wir wahrscheinlich mehr Roboter an Fließbändern und in Lagerhäusern sehen, die den Warenfluss aufrechtzuerhalten und innovative Anwendungen wie autonomes Fahren und Paketzustelldienste vorantreiben.



KAPITEL 2

Was ist ein Roboter?

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: INDUSTRIEROBOTER

Kollaborative Roboter wie dieser industrielle Roboterarm können wiederkehrende Aufgaben problemlos erledigen und arbeiten in der Nähe von Menschen mit minimalem oder ohne menschliches Eingreifen.



Ein System, das aus Systemen besteht

Ein Roboter ist ein Zusammenspiel von Systemen, die bestimmte Aufgaben erledigen. Er ist die ultimative Fusion aus Hardware und Software. Manche bezeichnen die Robotik als “die Kunst der Systemintegration”. Der Robotiker verwendet eine Palette von Netzwerken, Sensoren, Aktoren und Rechnerressourcen, um eine komplexe Maschine zu gestalten, die das Leben einfacher machen soll.

Roboter sind eine Kombination unterschiedlicher Technologien die zu einer Einheit verschmelzen. Sie umfassen industrielle Steuerung und Kommunikation, Bildverarbeitung, maschinelles Lernen, KI, Nutzerschnittstellen, Sicherheit und Zuverlässigkeit, um nur einige zu nennen.

“Wir haben adaptive Hardwarekomponenten und Systeme, die allgemein verfügbar sind. Diese bilden zusammen eine Plattform die es jedem mit erprobten Konzepten ermöglicht, erfolgreich zu sein.” - Said Zahrai, ABB Robotics Leiter für Innovation



Roboter-Verhalten

Bei vielen Robotern wird das Verhalten durch den Computational Graph, also dem Funktionsgraphen des Systems definiert, während der Data Layer Graph die physikalischen Gruppierungen der Roboterkomponenten modelliert. Um es kurz zu machen: Der Graph der Datenebene ist das Grundgerüst des Roboters, während der Funktionsgraph Knoten als mathematische Operationen b. Dies ist die Arbeitsgrundlage der Robotiker. Siehe Abbildung 3

Da Roboter nur über begrenzte bordeigene Eingabe-/Ausgabegeräte und Rechenkapazitäten verfügen, ist es entscheidend, die richtige Prozessorplattform für Ihr Robotersystem zu wählen. Eine, die die Systemintegration vereinfacht, Ihre Anforderungen an die Energieeffizienz erfüllt und sich an die sich wandelnde Umgebung anpassen kann. Anders als ein Kunstwerk, das seinen Wert in seiner Einzigartigkeit findet, basiert der ideale Roboter auf offenen Standards und ist für die Massenproduktion ausgelegt. Wir werden diese Konzepte später noch genauer besprechen.

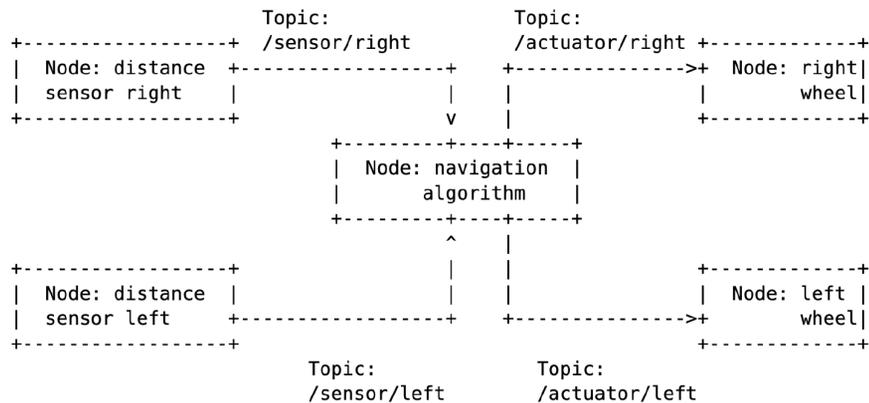


Abbildung 3 - Dieses Beispiel eines Funktionsgraphen für einen zweirädrigen Roboter zeigt die beabsichtigten Funktionen und Verhaltensweisen des Roboters. ⁽⁵⁾

Quelle: Victor Mayoral-Vilches, AMD-Xilinx

KAPITEL 2: WAS IST EIN ROBOTER

Roboter-Typen

Roboter gibt es in allen Formen und Größen und sie dienen vielen verschiedenen Zwecken. Einige der gängigsten Beispiele finden Sie in der folgenden Tabelle.

Roboter Typ	Verwendung
UAV	Sie sind besser bekannt als Drohnen oder unbemannte Flugsysteme und werden in einer Vielzahl von Wachstumsanwendungen eingesetzt, darunter Präzisionslandwirtschaft, Kartierung/Vermessung, Inspektion/Überwachung und vielen anderen.
AGV/AMR	Autonome mobile Roboter (AMRs) sind mobile Roboter, die mit eingebauten Sensoren und Prozessoren ausgestattet sind, um Güter autonom zu transportieren. Automated Guided Vehicles (AGVs) sind vorprogrammierte Roboterfahrzeuge, die sich mithilfe von Führungselementen (z. B. Magnetbändern) orientieren.
Kollaborative Roboter	Diese auch als "Cobots" bezeichneten Roboter sind so konzipiert, dass sie Seite an Seite mit Menschen arbeiten.
Zustellroboter	Mit Hilfe von Machine-Learning-Algorithmen liefern diese Roboter autonom und mit wenig oder gar keiner menschlichen Interaktion Waren aus.
Hospitality-Roboter	Verbessern das Kundenerlebnis in Hotels und Flughäfen. Sie übernehmen einfache Aufgaben wie das Einchecken von Gepäck, den Zimmerservice, Restaurantempfehlungen und vieles mehr!
Humanoide Roboter	Sie haben die Form, die Merkmale und sogar die Mimik eines Menschen und sind in der Regel für die Interaktion mit Menschen konzipiert.
Industrieroboter/Kartesische Roboter	Kartesische Roboter sind Industrieroboter, die sich entlang dreier Achsen (x, y und z) bewegen und deren koordinierte Bewegung von einer Antriebssteuerung gelenkt wird.
Chirurgische Roboter	Sie unterstützen den Menschen bei der Durchführung chirurgischer Eingriffe und ermöglichen eine verbesserte Präzision.

Abbildung 4 - Roboter dienen einer Vielzahl von Zwecken mit unterschiedlichem Präzisionsgrad, von der Durchführung komplexer chirurgischer Eingriffe bis zur Auslieferung von Paketen.

Unabhängig von ihrem Einsatzzweck bewältigen die meisten Roboter eine Reihe gemeinsamer technischer Herausforderungen, die wir im nächsten Kapitel behandeln werden.

KAPITEL 3

Allgemeine Herausforderungen beim Design



ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: FLUGROBOTER

Flugroboter, besser bekannt als Drohnen, werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt, die von der Landwirtschaft bis zur Landvermessung reichen.



Unabhängig vom Robotertyp, den Sie bauen wollen, gibt es einige allgemeine Designherausforderungen, die Sie bewältigen müssen, darunter die folgenden:

Mensch-Maschine-Schnittstelle

Roboter müssen in der Lage sein, mit Menschen auf einfache und produktive Weise zu interagieren.

Zuverlässigkeit

Roboter müssen ständig ihre Umgebung erfassen, die Objekte und Menschen in ihrer Nähe wahrnehmen und sicher in ihrer Nähe

“Technologie von Xilinx ermöglicht uns eine rasante Verarbeitung von Radarsignalen, so dass wir Ziele in Echtzeit verfolgen können. Wenn wir warten müssten, bis wir Radardaten zur Verarbeitung aus dem System holen, wäre das sehr viel weniger effektiv.” - Lyman Horne, FPGA-Ingenieur bei Fortem.



arbeiten. Sie müssen über eine präzise, deterministische Kontrolle über multiple Bewegungsachsen verfügen und idealerweise mit verschiedenen Sicherheitsstandards konform sein, einschließlich IEC 61508 SIL 3 für funktionale Sicherheit.

KAPITEL 3: ALLGEMEINE HERAUSFORDERUNGEN BEIM DESIGN

Multitasking

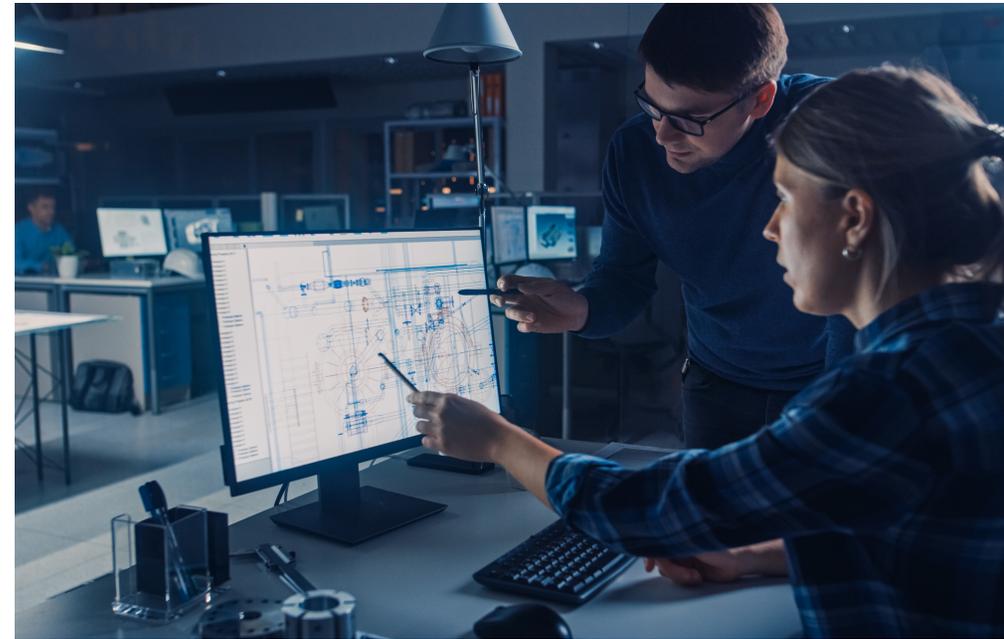
Roboter müssen in der Lage sein, mehrere Aufgaben simultan und präzise zu erledigen. Dazu müssen sie in der Lage sein, zeitkritische Rechenlasten auszulagern und Rechenfunktionen zu beschleunigen, damit Ihr Roboter Daten gleichzeitig empfangen, interpretieren und darauf reagieren kann und so intelligentere Entscheidungen trifft.

Sicherheit

Das Betriebssystem eines Roboters muss die von ihm erfassten Daten durchgängig sichern und sich selbst vor möglichen Angriffen schützen. Dazu gehört die Einhaltung einer Reihe von Sicherheitsstandards, darunter IEC 62443 für Cybersicherheit.

Energieverbrauch

Alle Roboter brauchen Energie. Daher ist es wichtig, eine effiziente Lösung zu finden, insbesondere wenn der Roboter in rauen oder unzugänglichen Umgebungen eingesetzt werden soll, in denen das Nachladen schwierig sein kann.



KAPITEL 3: ALLGEMEINE HERAUSFORDERUNGEN BEIM DESIGN

Konnektivität

Roboter benötigen eine schnelle (Geschwindigkeit), zuverlässige (garantierte Übertragung) und Echtzeit-Kommunikation (sofortige Reaktion) über zahlreiche Sensoren und Knotenpunkte hinweg. Das bedingt, dass verschiedene Netzwerkstandards unterstützt werden.

Komplexität

Roboter erfordern die Integration von komplexer Hard- und Software. Dies kann für viele angehende Robotiker, die sich mit Hardwaresprachen und -methoden nur bedingt auskennen, eine abschreckende Herausforderung darstellen.

Embedded Intelligence / KI

Roboter sind für die Ausführung bestimmter Aufgaben konzipiert. Dafür benötigen sie ein gewisses Maß an integrierter Intelligenz (ein Prozessor, der mehr als nur normale Berechnungen ausführen kann) und die Fähigkeit, unterschiedliche Sensoreingaben zu unterstützen. Anspruchsvollere Roboter verfügen möglicherweise auch über eine Art künstlicher Intelligenz für Echtzeit-Analysen, vorausschauende



Wartung, Ferndiagnose und dergleichen.

In vielen Fällen kommt es bei der Lösung dieser Herausforderungen auf die Wahl des richtigen Prozessors und Technologiepartners an. Darauf gehen wir im nächsten Kapitel ein.



KAPITEL 4

Robotertechnologie heute

**ROBOTIK ANWENDUNGSFALL:
CHIRURGISCHE ROBOTER**

Chirurgie-Roboter wie diese helfen Menschen, medizinische Eingriffe mit größerer Präzision durchzuführen.

Viele der heutigen professionellen Industrie- und Medizinroboter sind mit zwei Haupttechnologien ausgestattet, die ihr Verhalten steuern: CPUs zur Verwaltung der komplexen Daten- und Kontrollstruktur, die den Funktionsgraphen bildet, und FPGA-basierte adaptive SoCs, die Signale erfassen, in Echtzeit verarbeiten und zur weiteren Verarbeitung an die CPU weiterleiten.

Ein Großteil der Rechenleistung wird von der CPU erbracht, die zahlreiche Anfragen von Sensoren und mechanischen Aktoren behandelt. Doch je komplexer und vielfältiger der Funktionsgraph wird, desto schwerer fällt es der CPU, unverzüglich auf zeitkritische Ereignisse zu reagieren. Sie beginnt an Effizienz zu verlieren, was zu einer langsameren Arbeitsgeschwindigkeit des Roboters führt, da die

Latenz der CPU zunimmt. Dies ist schlecht für Roboter. Auch die Erhöhung der Menge an CPU-Kernen löst das Problem nicht.

KAPITEL 4: HEUTIGE ROBOTERTECHNOLOGIE

Adaptive SoCs können auf dreierlei Weise helfen: Entlastung von zeitkritischen Rechenlasten, Beschleunigung einiger Rechenfunktionen in der Hardware, um das Gleichgewicht zwischen Rechenleistung und Reaktionszeit wiederherzustellen, und Verringerung der Leistungsaufnahme bei der parallelen Ausführung von Rechenoperationen.

Andere Technologien wie ASICs können eingesetzt werden, um die Reaktionszeiten zu verbessern und die Rechenlast zu verringern. Die maßgeschneiderte Natur eines Robotersystems erfordert jedoch die Anpassungsfähigkeit der Hardware vor Ort, um mit unterschiedlichen Umgebungsbedingungen zurechtzukommen und um die Unanfälligkeit für Cyberangriffe zu verbessern, die oft mehr als ein Software-Upgrade erfordern.

“Als wir das ursprüngliche Videoverarbeitungs-Subsystem überarbeiteten, wollten wir Multi-Fenster-Videoquellen für die Chirurgen einführen, damit sie während der Operationen wichtige Patientendaten überwachen können. Als wir angingen, den Xilinx-Baustein zu verwenden, entdeckten wir, dass er eine sehr gute Designplattform ist - so gut, dass wir in den Folgeplattformen Dutzende von Xilinx-FPGAs in allen wichtigen Systemkomponenten eingesetzt haben.” -David Powell, Leitender Entwicklungsingenieur für Videoverarbeitungslösungen bei Intuitive Surgical



KAPITEL 4: HEUTIGE ROBOTERTECHNOLOGIE

Robotiker können auf dreierlei Weise FPGAs einsetzen:

Chip-Down-Ansatz

Hierbei wird ein System-on-Chip (SoC) in eine kundenspezifische Leiterplatte integriert, um die Anforderungen der Anwendung zu erfüllen. Dies ist ein ausgezeichneter Ansatz für große, kostenoptimierte Losgrößen.

System-on-Module (SOMs)

Diese vormontierten und vorgetesteten Platinen werden in eine kundenspezifische Leiterplatte eingesteckt und helfen Ingenieuren, ihre Produkte schneller zu entwickeln, damit sie sich auf die Wertschöpfung ihres Systems konzentrieren können und nicht auf

Integration, Tests und Zertifizierung.

Komplette Leiterplatte

In diesem Fall ist ein Großteil der Peripherie bereits in ein Plug-in-Board integriert. Dies ist ideal für Anwendungen mit rechenintensiven Operationen. Eine andere Form der Verarbeitung, die in der Robotik eingesetzt wird, ist das adaptive Computing. Adaptive Computing ermöglicht Hardwarebeschleunigung mit kürzeren Rechenzeiten, weniger Stromverbrauch und deterministisches Verhalten. Mit den richtigen Beschleunigungstools können Robotiker Rechenarchitekturen entwerfen, die die Hardwareressourcen für ihre Anwendung optimieren. Wir werden in Kapitel 6 näher auf adaptive computing eingehen.



Abbildung 5 - Für den Robotikmarkt gibt es eine Vielzahl von Computing-Ansätzen. Die Nachfrage nach höherer Leistung, angetrieben durch KI, eröffnet jedoch Möglichkeiten für adaptive Computing Modelle.



KAPITEL 5

Zukünftige Robotertechnologie

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: BIONISCHER KÖRPER

Moderne Roboter wie diese können darauf trainiert werden, menschliche Bewegungen zu unterstützen oder zu imitieren.



Die Zukunft der Robotik wird mehr KI-Verarbeitung im Edge-Bereich erfordern. Multisensor-Analysen und Anwendungen für maschinelles Lernen - einschließlich prädikativer Wartung und Erkennung von Anomalien - werden KI nutzen, um umgehend Entscheidungen vor Ort zu treffen, anstatt sich auf die Verarbeitung von Sensordaten in der Cloud zu verlassen.

Damit gekoppelt ist der digitale Roboterzwilling, der Bewegungen von Robotern erfasst und virtuell simuliert. Mit dieser Technologie können Robotiker die Abweichungen zwischen den befohlenen und den tatsächlichen Roboterbewegungen analysieren, um prädikative Analysen, KI-Training und Entscheidungsfindung voranzutreiben.

Ein weiterer Trend, der Aufmerksamkeit verdient, ist die Überschneidung von 5G-Mobilfunktechnologie und Time-Sensitive Networking (TSN). 5G TSN-Subsysteme können die Konvergenz von industriellen und automobilen Anwendungen mit niedriger Latenz, Determinismus und Zeitsensitivität vorantreiben, indem sie die Verbindungen zwischen Robotersystemen erleichtern. Zu den wichtigsten Anwendungen gehören Fertigungsautomatisierung, intelligente Stromnetze, Warentransport, ADAS und Infotainmentsysteme in Fahrzeugen.

KAPITEL 5: ZUKÜNFTIGE ROBOTERTECHNOLOGIE

Jenseits dieser Trends werden die fortgesetzte Einführung von Open-Source-Technologien für autonome und robotische Systeme und insbesondere Fortschritte bei adaptiven Hardwarekomponenten und -systemen die Möglichkeiten für Innovationen in der Robotikbranche erhöhen. Erwarten Sie weitere Innovationen im Bereich der modularen Robotik, bei der sich Roboterkomponenten selbst umgestalten oder neu programmieren können, um verschiedene Aufgaben auszuführen.



Abbildung 6 - 5G TSN-Subsysteme können Automobilanwendungen mit niedriger Latenz wie Infotainment und ADAS vorantreiben, indem sie die Verbindungen zwischen Robotersystemen verbessern.



KAPITEL 6

Einführung in das Adaptive Computing

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: ZUSTELLROBOTER

Lieferroboter, die auf der Basis von Machine-Learning-Algorithmen arbeiten, werden häufig im Versand und in der Logistik eingesetzt.



In Kapitel 4 haben wir viele Herausforderungen gesehen, die Roboter bewältigen müssen, und wie diese Herausforderungen durch adaptive SoCs gelöst werden. Während adaptive SoCs Möglichkeiten bieten, den Determinismus und die Vorhersagbarkeit zu verbessern, bietet adaptives Computing zusätzliche Möglichkeiten, Roboter in Richtung Autonomie zu entwickeln. Neben der schnelleren und effizienteren Entwicklung skalierbarer, modularer Robotersysteme, die dazu beitragen können, das Wachstum der Robotik im Mainstream zu beschleunigen, bietet adaptives Computing zusätzliche Rechenressourcen für künstliche Intelligenz und digitale Signalverarbeitung sowie eine große Datenbandbreite, die für die Bewältigung der riesigen Datenmengen, die Roboter verarbeiten, erforderlich ist.

Adaptive Computing verknüpft funktionale Module wie Multicore-CPUs, die in Clustern hoch optimierter Echtzeit- und Anwendungsprozessoren organisiert sind, mit programmierbarer Logik, Mesh-Prozessoren und intelligenten Engines, die die Verteilung der Roboter-Arbeitslast auf die jeweils beste Architektur ermöglichen. All diese Rechenleistung wird durch funktionale Sicherheitsfunktionen ergänzt, die den Roboter sicherer machen und Situationen vermeiden, die die Integrität des Roboters gefährden und ihn angreifbar machen könnten.

CHAPTER 6: INTRODUCING ADAPTIVE COMPUTING

Roboter bestehen aus einer Kombination aus Kontrollpfaden und Datenpfaden, die auf externe Ereignisse wie optische oder andere sensorische Stimulationen reagieren und eine Aktion auszuführen. Adaptive Computing ermöglicht es, die optimale Recheneinheit für die entsprechende Rechenlast zu verwenden. Zur Hardware kommt eine komplexe Design- und Laufzeitsoftware, die es ermöglicht, eine einzigartige Plattform für den Aufbau hochflexibler und effizienter Systeme bereitzustellen.

Kurz und gut: Mit adaptivem Computing können Sie Hardware entwickeln, die speziell auf Ihre Anwendung zugeschnitten ist und sich zudem leicht anpassen lässt, wenn sich Anforderungen oder Standards weiterentwickeln.

“Der Zynq-Baustein war schon immer eine sehr flexible Lösung, die mit unterschiedlichsten Spannungen, Schnittstellen und Protokollen arbeiten kann. Er ist sehr flexibel und unterstützt verschiedene Arten von Eingangs- und Ausgangspfaden zur und von der NI-Box.” Derek Curd, Mentor, Up-A-Creek Robotics; ein FIRST-Robotik-Team

A photograph of two men in a workshop setting. One man is holding a drone, while the other looks on. The scene is dimly lit with a warm light source from the top left. The drone is a quadcopter with a camera attached. The men are wearing casual clothing. The background shows shelves and various tools.

KAPITEL 7

Adaptive SOMs für Roboter

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: ADAPTIVE ROBOTER

Mit der bahnbrechenden adaptiven Computertechnologie können adaptive Roboter die Funktionalität vor Ort verändern und Rechenleistung für KI-gestützte Entscheidungen in Echtzeit bereitstellen.



In Kapitel 6 haben wir gesehen, wie adaptives Computing dazu beiträgt, Robotersysteme der Spitzenklasse zu entwickeln.

Robotik-Ingenieure wollen unmittelbar nutzbare Systeme, damit sie sich auf eine wesentliche Aufgabenstellung konzentrieren können, und dazu verlassen sie sich auf die Hardwareplattformen des Roboters. Adaptive SOMs (System on Modules) bieten eine fertige Lösung für die Robotik, indem sie ein adaptives SoC mit Industriestandard-Schnittstellen und -Komponenten kombinieren, so dass Robotiker mit wenig oder gar keinem Hardware-Know-how sofort eine adaptive Plattform nutzen können. Für den hardwareversierten Robotiker bieten adaptive SOMs ein hohes Maß an Individualisierung, für die keine eigene Leiterplattenentwicklung

erforderlich ist, so dass sich der Ingenieur ganz auf die Sensoren und Aktoren konzentrieren kann, die für die maßgeschneiderten Roboter benötigt werden.

Die Vorteile adaptiver SOMs sind nicht auf die Hardware beschränkt. Auch Softwareentwickler können ihre Designzyklen beschleunigen, indem sie vorgefertigte Konfigurationen (wie z.B. das Einbinden eines Algorithmus zur Gesichtserkennung) für die adaptiven SoCs verwenden. Adaptive SOMs stellen die gesamte Firmware-Infrastruktur zur Ausführung von Roboteranwendungen ohne weitere Anpassung zur Beschleunigung in vertrauten Programmiersprachen wie Python oder C++ und Deep-Learning-Frameworks wie TensorFlow und PyTorch zu Verfügung.

KAPITEL 7: ADAPTIVE SOMS FÜR ROBOTER

Da es sich bei Robotern um Embedded Systeme handelt, gibt es bei ihrer Entwicklung eigentlich immer einen Streit um die richtige Hardware. Mit den jüngsten Fortschritten bei Software-Tools, Bibliotheken und Frameworks können einige Entwicklungsteams adaptives Computing jetzt mit weniger Aufwand einsetzen, ohne Hardware-Ingenieure damit zu behelligen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Adaptive SOM, die Tools und die Bibliotheken einen schnelleren Entwicklungszyklus ermöglichen.





KAPITEL 8

Das Roboterbetriebssystem Framework ROS 2

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: GEWERBLICH GENUTZTE ROBOTER

Die auf offenen Standards basierende ROS-Plattform wird zunehmend für gewerbliche Robotikanwendungen genutzt.



Das Robot Operating System (ROS) von Open Robotics hat sich zum Industriestandard in der Softwareentwicklung für Robotikanwendungen entwickelt. Die ROS-Plattform wurde 2007 im Hochschulbereich eingeführt und wird zunehmend auch für kommerzielle Robotikanwendungen verwendet.

ROS umfasst Open-Source-Softwarebibliotheken (z.B. für die Antriebsplanung und -steuerung) und Tools (z.B. Simulation, Test, Debugging), die für die Entwicklung von Roboteranwendungen verwendet werden, und vereint eine wachsende Gemeinschaft von Robotikern, die zur Entwicklung und Pflege der Software beitragen. Die neueste Version, ROS 2, ist der Schritt von einem forschungsorientierten Projekt zu einer stärker industriell ausgerichteten Software.

KAPITEL 8: DAS ROBOTERBETRIEBSSYSTEM FRAMEWORK ROS 2

Das ROS 2 Framework bietet die geeignete Architektur für Embedded Systeme, während ROS eine Workstation als Ausführungsplattform voraussetzt. Es enthält aktuelle Debugging- und Visualisierungstools, Bibliotheken und Kommunikations-Frameworks. Die meisten Funktionen sind auf allen unterstützten Betriebssystemen (einschließlich Ubuntu, MacOS und Windows) verfügbar, das Kommunikationsprotokoll, historisch gesehen DDS mit mehreren Implementierungen (eProsima Fast DDS, RTI Connex DDS und Eclipse Cyclone DDS), und Client-Bibliotheken in Programmiersprachen (in C++ und Python).

Simulationen sind für Robotiker von größter Bedeutung, um jeden Roboter zu testen, ohne ihn, die Umgebung oder Menschen zu schädigen. Daher ist in ROS ein populäres Open-Source-Simulationstool namens Gazebo integriert, das eine Physik-Engine, robuste Grafiken und eine Programmierschnittstelle enthält, mit der sich originalgetreue Modelle vieler Roboter sowie sehr realistische Simulationen der virtuellen Welt erstellen lassen, damit Sie Ihre Produkte schneller auf den Markt bringen können.

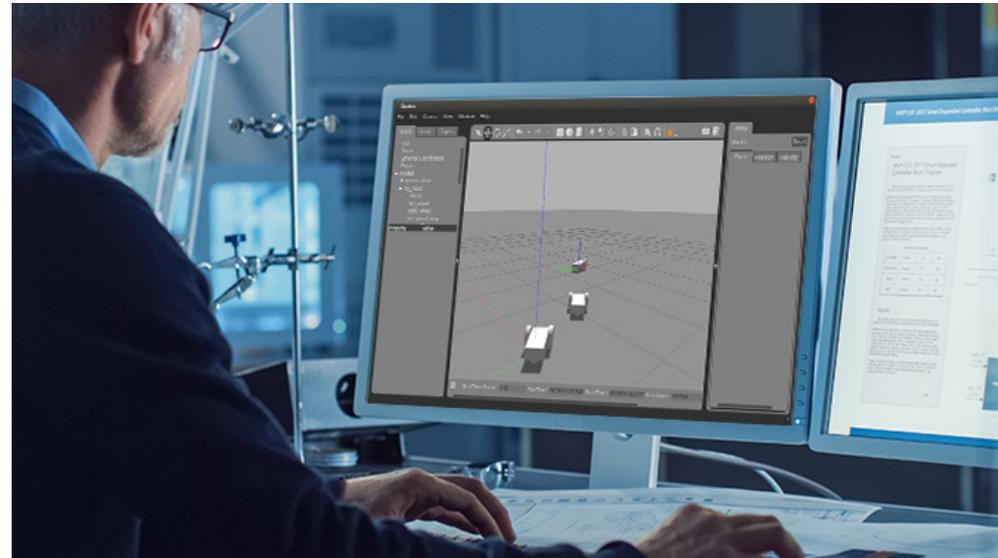


Abbildung 7 - Simulationstools wie Gazebo helfen Robotikern, die Leistung zu testen bevor die Roboter in Betrieb genommen werden. Quelle: Open Robotics

A close-up photograph of an orange industrial robot arm. The arm is equipped with a camera lens at the end of its gripper. Several blue cables are connected to the robot's body. The background is a blurred industrial setting with other robot arms and lights.

KAPITEL 9

Hardwarebeschleunigung für ROS

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: ADAPTIVE ROBOTER

Adaptives Computing beschleunigt ROS-Umgebungen und verlagert Teile des ROS-Funktionsgraphen in programmierbare Logik, um Engpässe beim Datendurchsatz zu vermeiden.

Künstliche Intelligenz ist ein Weg, um Robotern mehr Autonomie bei der Entscheidungsfindung zu geben. Insbesondere KI-Inferenz (der Prozess, bei dem trainierte KI-Modelle verwendet werden, um Vorhersagen zu treffen) bietet die Möglichkeit, Standardalgorithmen für ein besseres Ergebnis zu ergänzen, stellt aber enorme Anforderungen an die Hardware in den heutigen Robotersystemen. Außerdem kann das Verhalten von Robotern aus einzelnen Funktionen zusammengesetzt werden, d.h. dass Sie wie bei einem Lego-Baukasten verschiedene Funktionen mithilfe eines Berechnungsgraphen kombinieren können. Allerdings verfügen die meisten Prozessoren und Beschleuniger mit festgelegter Funktionalität nicht über die nötige Rechenleistung, um diese Zusammenstellung zu bewältigen.

Adaptive Computing bietet jedoch domänenspezifische Architekturen (DSAs), die es anpassungsfähiger Hardware ermöglichen, mit höchster Effizienz zu arbeiten und dabei die erforderliche Flexibilität bei der Zusammenstellung des Berechnungsgraphen beizubehalten. Adaptive Computing beschleunigt nicht nur ROS-Umgebungen, sondern verlagert auch Teile des ROS-Rechengraphen in programmierbare Logik und vermeidet so Kommunikationsengpässe.

KAPITEL 9:HARDWAREBESCHLEUNIGUNG BEI ROS

Bislang wurden die meisten Versuche, adaptives Computing in ROS-Workflows zu integrieren, aus der Perspektive eines Hardware-Ingenieurs unternommen. Aber viele Robotiker sind keine Experten für Embedded- und Hardware-Flows. Durch die direkte Integration von adaptivem Computing in das ROS-Ökosystem kann es eine Benutzeroberfläche bieten, die dem Robotertechniker vertraut ist.

Abbildung 8 zeigt, wie adaptives Computing die Erstellung von Beschleunigungskernen vereinfachen kann, indem es sie wie jedes andere ROS-Paket behandelt. So kann sich der Robotiker auf die Verbesserung von Funktionsgraphen konzentrieren, anstatt zu versuchen, ein Hardware-Experte zu werden.

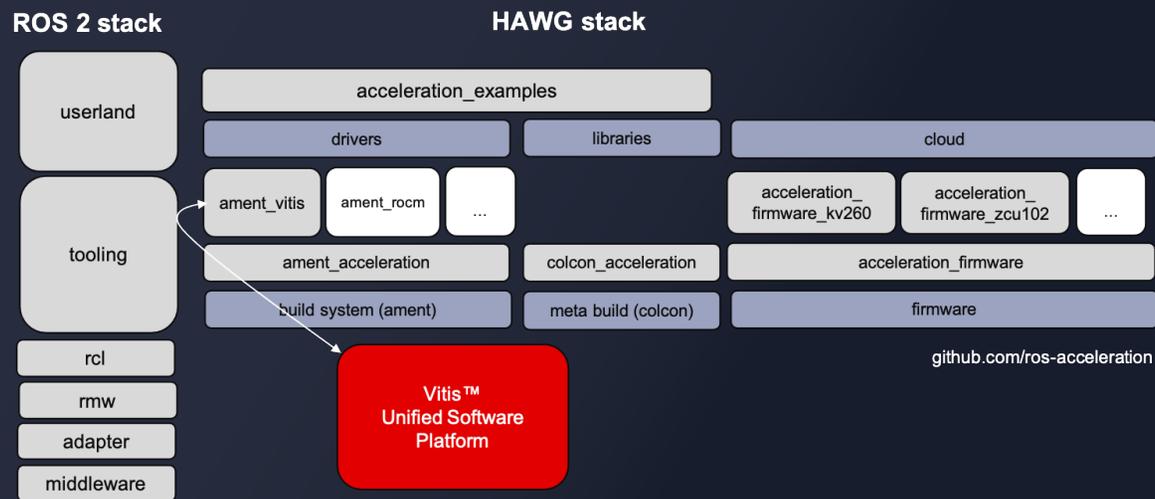


Abbildung 8 - Eine erste architekturelle Darstellung von ROS 2 durch die Hardware Acceleration Working Group.

A photograph of three people in a laboratory setting. A man on the left, a man in the center with glasses, and a woman on the right are gathered around a table, looking at a small, white, dome-shaped robot. The robot has a transparent dome and internal components visible. The background is dark with some technical equipment and a glowing light fixture.

KAPITEL 10

Zusammenfassung

ROBOTIK ANWENDUNGSFALL: ADAPTIVE ROBOTER

Adaptive SOMs, wie die Kria™ Familie von AMD-Xilinx, bieten Robotikern eine einzigartige Kombination aus Leistung, Flexibilität und kurzer Entwicklungszeit.



Das wachsende Interesse an künstlicher Intelligenz und KI-Inferenz in der Robotik führt zu einer wachsenden Nachfrage nach beschleunigtem, hochleistungsfähigem Computing im Edge-Bereich.

Adaptives Computing verarbeitet diese komplexen Workloads auf einer flexiblen Plattform, die zukunftssicher erweiterbar ist. Dank der Anpassungsfähigkeit von Hardware und Software ist es möglich, eine Hardware-Spitzenauslastung von nahezu 100 % zu erreichen. Adaptives Computing kann auch ROS-Umgebungen beschleunigen, indem es Teile des ROS-Rechengraphen in programmierbare Logik auslagert und Flaschenhälse in der Kommunikation abfedert.

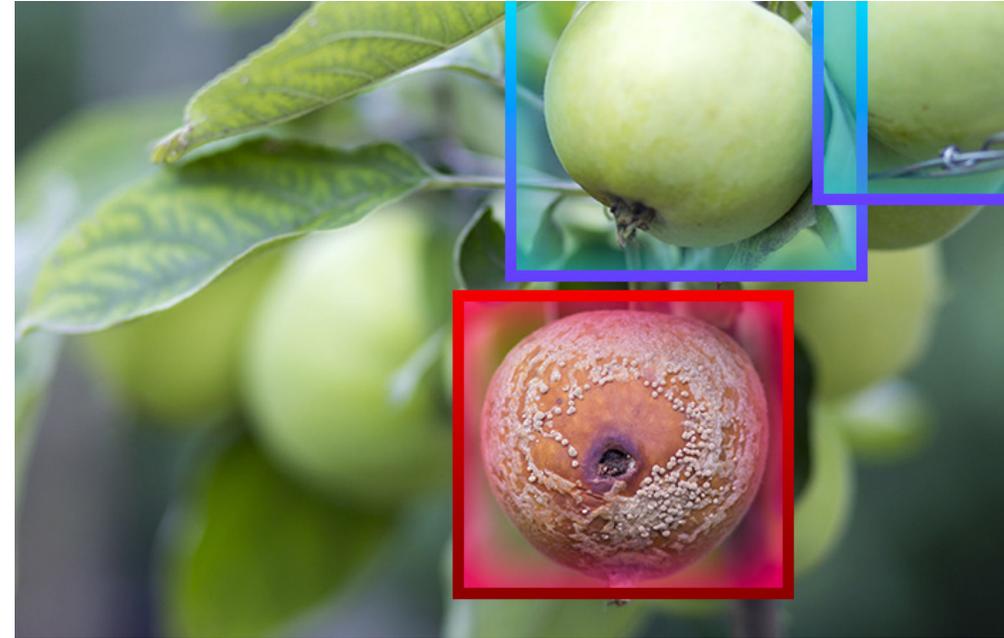
“Studenten des *FIRST* Robotics-Programms haben einen speziellen Rollstuhl für ein Kind in ihrer Gemeinde entwickelt und hergestellt. In der Türkei hat ein Team einen Roboter gebaut, um einen jungen Hund zu retten. Es ist wirklich toll zu sehen, was diese Kids können.” - Kate Pilotte, Senior Managerin, Bausätze bei *FIRST*



KAPITEL 10: ZUSAMMENFASSUNG

Adaptive SOMs, wie die Kria™ Familie von AMD-Xilinx, bieten Robotikern eine einzigartige Kombination aus Leistung, Flexibilität und kurzer Entwicklungszeit. Benutzer können softwaredefinierte Hardware erstellen und Lösungen mit mehr Leistung pro Watt entwickeln, die sicher, energiesparend und flexibel sind. Sie können auch auf den Xilinx App Store zugreifen, wo sie vorgefertigte, containerbasierte Anwendungen herunterladen können, um beschleunigte Anwendungen zu evaluieren und zügig zu implementieren.

Die Hardwarebeschleunigung sollte Robotikern in einer Umgebung zur Verfügung gestellt werden, mit der sie vertraut sind. Der Kria Robotics Stack (KRS) ist ein integrierter Satz von Roboterbibliotheken und Hilfsprogrammen, die auf ROS 2 aufbauen und die Entwicklung, Wartung und Kommerzialisierung von industriellen Robotiklösungen mit adaptivem Computing beschleunigen.



KAPITEL 10: ZUSAMMENFASSUNG

KRS bietet ROS 2-Nutzern einen einfachen und zuverlässigen Weg zur Hardware-Beschleunigung. Es ermöglicht Robotikern, mit ROS 2 benutzerdefinierte und sichere Compute-Architekturen mit höherer Produktivität zu erstellen. Es nutzt die AMD-Xilinx-Technologie, auf der das Kria SOM-Portfolio aufbaut, um der Robotik niedrige Latenzen (wirklich schnell), Determinismus (vorhersehbar), Echtzeit (pünktlich), Sicherheit und hohen Durchsatz zu bieten. KRS ist eng mit ROS verzahnt und nutzt eine Kombination aus modernen C++- und High-Level-Synthese-Sprachen (HLS) in Verbindung mit Referenz-Entwicklerboards und Design-Architekturen, mit denen Robotiker ihre Projekte in Angriff nehmen können. Insgesamt unterstützt KRS die Kria SOMs mit einem schnellen Entwicklungspfad zum fertigen Robotikprodukt.

Mit KRS und ROS 2 liefern die adaptiven Computing-Beschleuniger von AMD-Xilinx eine mehr als 8-fach bessere Leistung pro Watt als ein Nvidia Isaac ROS GEMs (AGX Xavier) und mehr als das 6-fache dessen, was mit einem Nvidia Isaac ROS GEMs (Nano) möglich ist. Damit sind sie die ideale Wahl für Robotikanwendungen, wie in Abbildung 9 dargestellt.

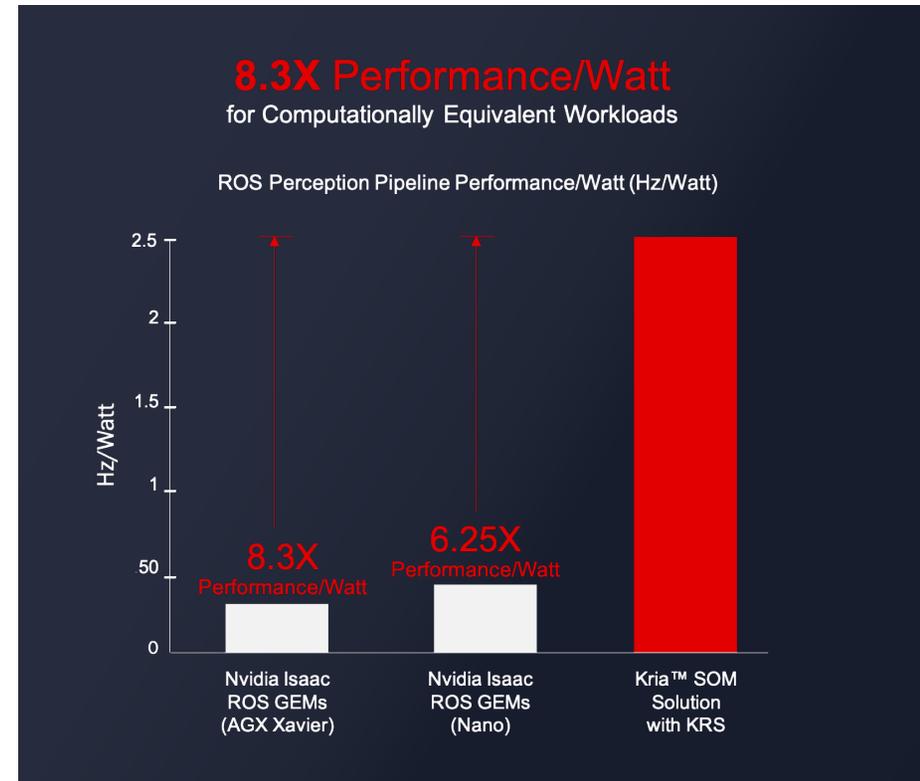


Abbildung 9 - Adaptive Computing-Leistung und Produktivitätsvorteile in der Robotik gegenüber konkurrierenden Lösungen.

KAPITEL 10: ZUSAMMENFASSUNG

AMD-Xilinx bietet das Kria KR260 Robotics Starter Kit an, eine sofort einsetzbare Plattform für KI-fähige Robotik, Machine Vision, industrielle Kommunikation und Steuerung, die hohe Leistung, geringe Latenz und eine rasche Implementierung bietet.

Wenn Sie mehr darüber erfahren möchten, wie adaptives Computing Ihre Robotik-Anwendung unterstützen kann, besuchen Sie bitte die Kria SOM Robotik-Seite von AMD-Xilinx unter:

<https://www.xilinx.com/products/som/kria.html>.



Abbildung 10 - Xilinx KR260 Robotics Starter Kit

Über AMD-Xilinx

AMD-Xilinx liefert adaptive Plattformen. Unsere adaptiven SoCs, Beschleuniger-Karten und FPGAs eröffnen führenden Unternehmen die Freiheit, rasant Innovationen zu entwickeln und umzusetzen. Wir arbeiten mit unseren Kunden zusammen, um skalierbare, differenzierte und intelligente Lösungen von der Cloud bis zur Edge zu entwickeln. Wir sind aktiv an Arbeitsgruppen der Industrie beteiligt und leisten einen Beitrag zur Open-Source-Community, um die Technologie zu verbessern. In einer Welt, in der das Tempo des Wandels immer weiter zunimmt, vertrauen immer mehr Innovatoren darauf, dass AMD-Xilinx sie dabei unterstützt, schneller auf den Markt zu kommen - und das mit optimaler Effizienz und Leistung.

Weitere Informationen finden Sie unter www.xilinx.com.

FUSSNOTEN:

- (1) Placek, Martin, "Size of the market for industrial robots worldwide from 2018 to 2020, with a forecast through 2028," Statista.com, <https://www.statista.com/statistics/728530/industrial-robot-market-size-worldwide/>; February 17, 2022.
- (2) World Robotics 2021, "Annual Installations of Industrial Robots 2015-2020 and 2021~2024*," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-sales-rise-again>
- (3) World Robotics 2021, "World Robotics 2021 - Service Robots Report Released," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-hit-double-digit-growth-worldwide>, November 4, 2021.
- (4) Dizikes, Peter, "How Many Jobs do Robots Really Replace?," MIT News, <https://news.mit.edu/2020/how-many-jobs-robots-replace-0504>; May 4, 2020
- (5) Mayoral-Vilches, Victor, et. al. "Adaptive Computing in Robotics: Leveraging ROS 2 to Enable Software-Defined Hardware for FPGAs," https://www.xilinx.com/content/dam/xilinx/support/documentation/white_papers/wp537-adaptive-computing-robotics.pdf; AMD-Xilinx; 2021.

ADDITIONAL SOURCES

- World Robotics 2021; "World Robotics 2021 - Service Robots Report," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/service-robots-hit-double-digit-growth-worldwide>; November 4, 2021.
World Robotics 2021; "The World Robotics 2021 Industrial Robots Report," International Federation of Robotics, <https://ifr.org/P6>; October 28, 2021.

Erfahren Sie mehr über:

[Kria Robotics](#)

[Industrial Robotics](#)

[Surgical Robotics](#)

[Adaptive Computing](#)

Weitere Informationen:

[White Papers](#)

Nehmen Sie Kontakt mit uns auf!

[**sales@xilinx.com**](mailto:sales@xilinx.com)

Corporate Headquarters
Xilinx, Inc.
2100 Logic Drive
San Jose, CA 95124
USA
Tel: 408-559-7778
www.xilinx.com

Xilinx Europe
Bianconi Avenue
Citywest Business Campus
Saggart, County Dublin
Ireland
Tel: +353-1-464-0311
www.xilinx.com

Japan
Xilinx K.K.
Art Village Osaki Central Tower 4F
1-2-2 Osaki, Shinagawa-ku
Tokyo 141-0032 Japan
Tel: +81-3-6744-7777
japan.xilinx.com

Asia Pacific Pte. Ltd.
Xilinx, Asia Pacific
5 Changi Business Park
Singapore 486040
Tel: +65-6407-3000
www.xilinx.com

India
Xilinx India Technology Services Pvt. Ltd.
Block A, B, C, 8th & 13th floors,
Meenakshi Tech Park, Survey No. 39
Gachibowli(V), Seri Lingampally (M),
Hyderabad -500 084
Tel: +91-40-6721-4747
www.xilinx.com

© Copyright 2022 Advanced Micro Devices, Inc. Alle Rechte vorbehalten. Xilinx, das Xilinx-Logo, AMD, das AMD Arrow-Logo, Alveo, Artix, Kintex, Kria, Spartan, Versal, Vitis, Virtex, Vivado, Zynq und andere hier aufgeführte Marken sind Marken von Advanced Micro Devices, Inc. Andere Produktnamen, die in dieser Publikation verwendet werden, dienen nur der Identifikation und sind möglicherweise Marken der jeweiligen Unternehmen. AMBA, AMBA Designer, ARM, ARM1176JZ-S, CoreSight, Cortex und PrimeCell sind Marken von ARM in der EU und anderen Ländern. PCIe und PCI Express sind Marken der PCI-SIG und werden unter Lizenz verwendet.

Printed in the U.S.A. WW4-27-22

AMD
XILINX