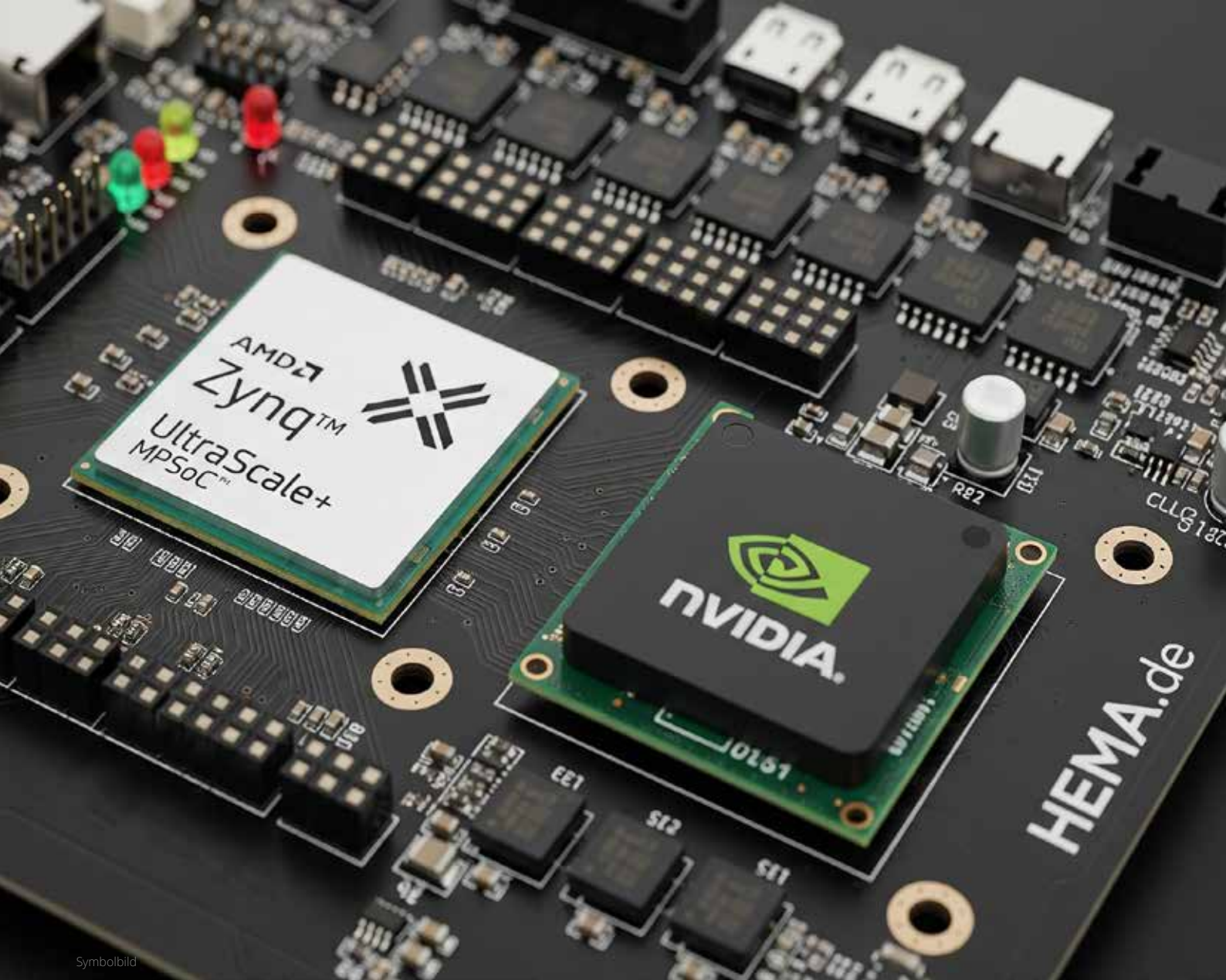




HYBRIDE EMBEDDED-VISION-ARCHITEKTUREN FÜR DIE VERTEIDIGUNGSTECHNOLOGIE

FPGA + GPU: Präzision, Echtzeit und künstliche
Intelligenz für sicherheitskritische Systeme

Von Dr. Tony Albrecht, Entwicklungsleiter bei hema electronic



Die technologische Leistungsfähigkeit moderner Verteidigungssysteme hängt zunehmend von der Effizienz ihrer Sensorik, Datenverarbeitung und Entscheidungslogik ab. Insbesondere im Umfeld von autonomen Plattformen, Aufklärungssystemen und vernetzten Gefechtsfeldlösungen ist die Fähigkeit zur Echtzeitanalyse großer Datenmengen entscheidend. hema electronic entwickelt derzeit eine hybride Embedded-Vision-Plattform, die „Field Programmable Gate Arrays“ (FPGAs) und „Graphical Processing Units“ (GPUs) kombiniert. Ziel ist ein hochleistungsfähiges Elektroniksystem, das klassische Algorithmen und künstliche Intelligenz (KI) in einem energieeffizienten, robusten und modularen Design vereint – speziell für sicherheitskritische Anwendungen in der Verteidigungstechnologie.

Neue Herausforderungen durch autonome und vernetzte Systeme

Moderne Streitkräfte setzen zunehmend auf vernetzte Gefechtsfahrzeuge – insbesondere auf rad- und kettenbasierte Plattformen für Aufklärung, Pionierunterstützung und Gefechtsfeldlogistik. Diese Systeme agieren oft in unstrukturierten, komplexen Umgebungen – ohne permanente Funkanbindung oder Rückkopplung zu zentralen Rechenzentren. Entsprechend müssen Bildverarbeitung, Sensorfusion und Lagebeurteilung direkt „am Edge“, also in der Plattform selbst, erfolgen. Dabei sind nicht nur hohe Rechenleistungen erforderlich, sondern auch absolute Verlässlichkeit, Ausfallsicherheit und minimierte Latenzzeiten – denn im Ernstfall entscheiden Millisekunden über das Leben von Soldaten, die Erkennung einer Bedrohung oder die Vermeidung von Kollateralschäden.

FPGA und GPU: Synergien zweier Architekturen

Zur Bewältigung dieser Anforderungen vereint hema zwei komplementäre Rechenarchitekturen: FPGAs und GPUs. FPGAs zeichnen sich durch ihre Flexibilität und extrem niedrige Latenz aus. Sie lassen sich gezielt auf bestimmte Signalverarbeitungsaufgaben hin konfigurieren und ermöglichen eine deterministische Echtzeitverarbeitung. Dadurch eignen sie sich hervorragend zur Vorverarbeitung hochfrequenter Rohdatenströme – etwa aus optischen Kameras, Infrarot-Sensoren und LIDAR-Systemen (Light Detection and Ranging).

Im Gegensatz dazu bieten GPUs mit ihrer Fähigkeit zur parallelen Verarbeitung komplexer Algorithmen eine ideale Umgebung für die Inferenz künstlicher Intelligenz. Sie analysieren die vom FPGA vorbereiteten Datenströme, identifizieren Muster, klassifizieren Objekte oder erkennen Personen in Echtzeit – auch unter schwierigen Sicht- und Störbedingungen.

Die Kombination beider Komponenten schafft ein System, das gleichzeitig schnell, präzise und intelligent arbeitet. Während der FPGA für eine stabile, zuverlässige Grundverarbeitung sorgt, kann die GPU adaptive, lernende Verfahren zur Ziel- oder Gefahrenerkennung anwenden. So entsteht eine Architektur, die sowohl klassischen algorithmischen Verfahren als auch modernen KI-Methoden gerecht wird.

Technologische Umsetzung auf modularer Plattform

Das von hema entwickelte System basiert auf einer modularen Embedded-Vision-Plattform, die verschiedene System-on-Modules (SoMs) integriert. Dabei wird klar zwischen FPGA- und GPU-Modulen getrennt. Die FPGA-Module übernehmen zentrale Aufgaben der Sensordatenerfassung, Vorverarbeitung und Schnittstellensteuerung. GPU-Module sind für KI-gestützte Bildverarbeitung, Szenenanalyse und Entscheidungsvorschläge zuständig. Beide Module kommunizieren über definierte Schnittstellen und nutzen ein internes Signalverarbeitungssystem, das auf minimale Verzögerungen und maximale Datenintegrität ausgelegt ist.

Zusätzliche Funktionseinheiten im System übernehmen Aufgaben wie die effiziente Partitionierung von KI-Modellen, die Überwachung der Hardware-/Software-Integration oder die Konvertierung und Formatierung von Sensordaten. So kann sichergestellt werden, dass selbst unter wechselnden Einsatzbedingungen alle Kompo-

nen nahtlos zusammenarbeiten und flexibel an neue Anforderungen angepasst werden können.

Vorteile im militärischen Einsatz

Für militärische Anwendungen bringt diese Hybridarchitektur zahlreiche Vorteile mit sich. Erstens ermöglicht sie eine extrem niedrige Latenzzeit, da bereits im FPGA die ersten Verarbeitungsschritte mit hoher Geschwindigkeit durchgeführt werden. Zweitens profitieren KI-basierte Analysefunktionen in der GPU von der reduzierten Datenlast, was eine erhebliche Beschleunigung der Erkennung und Klassifikation ermöglicht. Drittens erlaubt das modulare Design eine schnelle Adaption an neue Plattformen oder Missionsanforderungen – ohne dass grundlegende Architektur Anpassungen notwendig wären.

Hinzu kommt die hohe Energieeffizienz der FPGAs, die insbesondere bei mobilen, batteriebetriebenen oder stationär energievorsorgten Systemen ein entscheidender Vorteil ist. Auch bei begrenzten thermischen Rahmenbedingungen – etwa in geschlossenen Fahrzeugen oder UAVs – spielt diese Eigenschaft eine wichtige Rolle. Die robuste Bauweise der Komponenten gewährleistet darüber hinaus eine hohe Ausfallsicherheit auch unter extremen Umweltbedingungen wie Vibration, Hitze, Feuchtigkeit und elektromagnetischer Störung.

Konkrete Anwendungsbeispiele in der Verteidigung

Das hybride System eignet sich für eine Vielzahl militärischer Anwendungen. In unbemannten Fahrzeugen kann es die Umgebung überwachen, Hindernisse erkennen und autonom navigieren. In Aufklärungssystemen ermöglicht es die Echtzeitanalyse von Video- und Sensordaten für die Erstellung taktischer Lagebilder. In mobilen Systemen kann es Gefahrenerkennung und Zielklassifikation direkt vor Ort übernehmen, ohne auf zentrale Serverstrukturen angewiesen zu sein. Auch stationäre Schutzsysteme, etwa zur Perimeter-Überwachung von Feldlagern oder sensiblen Infrastrukturen, profitieren von der schnellen, lokal verfügbaren Intelligenz.

Ausblick: Weiterentwicklung zur skalierbaren Plattformtechnologie

Das Projekt befindet sich aktuell in einer Phase gezielter Weiterentwicklung – auf Basis eines Technologiestandes, der sich bereits in realen Anwendungen bewährt hat. hema electronic verfügt über mehr als

45 Jahre Erfahrung in der Entwicklung und Serienfertigung leistungsfähiger Embedded-Vision-Systeme für sicherheitskritische Anwendungen. Bereits heute befinden sich Systeme auf FPGA-GPU-Basis in militärischen Plattformen im aktiven Einsatz, etwa in kettenbasierten Fahrzeugen zur Aufklärung und Unterstützung auf dem Gefechtsfeld. Ziel der laufenden Entwicklungsarbeiten ist es, diese bestehende Technologie weiter zu skalieren und noch flexibler an unterschiedliche militärische Anforderungen anzupassen – von ISR-Systemen über autonom agierende Unterstützungsfahrzeuge bis hin zu Plattformen mit besonders hohem Bedarf an Echtzeitdatenverarbeitung und Sensorfusion. Die technologische Reife der hema-Plattform ist durch zahlreiche Serienprojekte mit komplexer Multisensorik und Mehrkamerasystemen belegt – und bildet die Grundlage für zukunftsfähige Embedded-Lösungen mit niedrigster Latenz und maximaler Zuverlässigkeit. Zukünftig sollen KI-Modelle noch effizienter auf die jeweilige Hardware abgestimmt und direkt im Feld aktualisierbar gemacht werden. Auch die Integration weiterer Sensorarten sowie die Vorbereitung auf verteilte Systeme mit Edge-to-Edge-Kommunikation gehören zur Entwicklungsroadmap. Damit entwickelt sich das System zu einem zentralen Baustein für das Defence-AIoT – also dem vernetzten, intelligenten Internet der Dinge für militärische Einsätze.

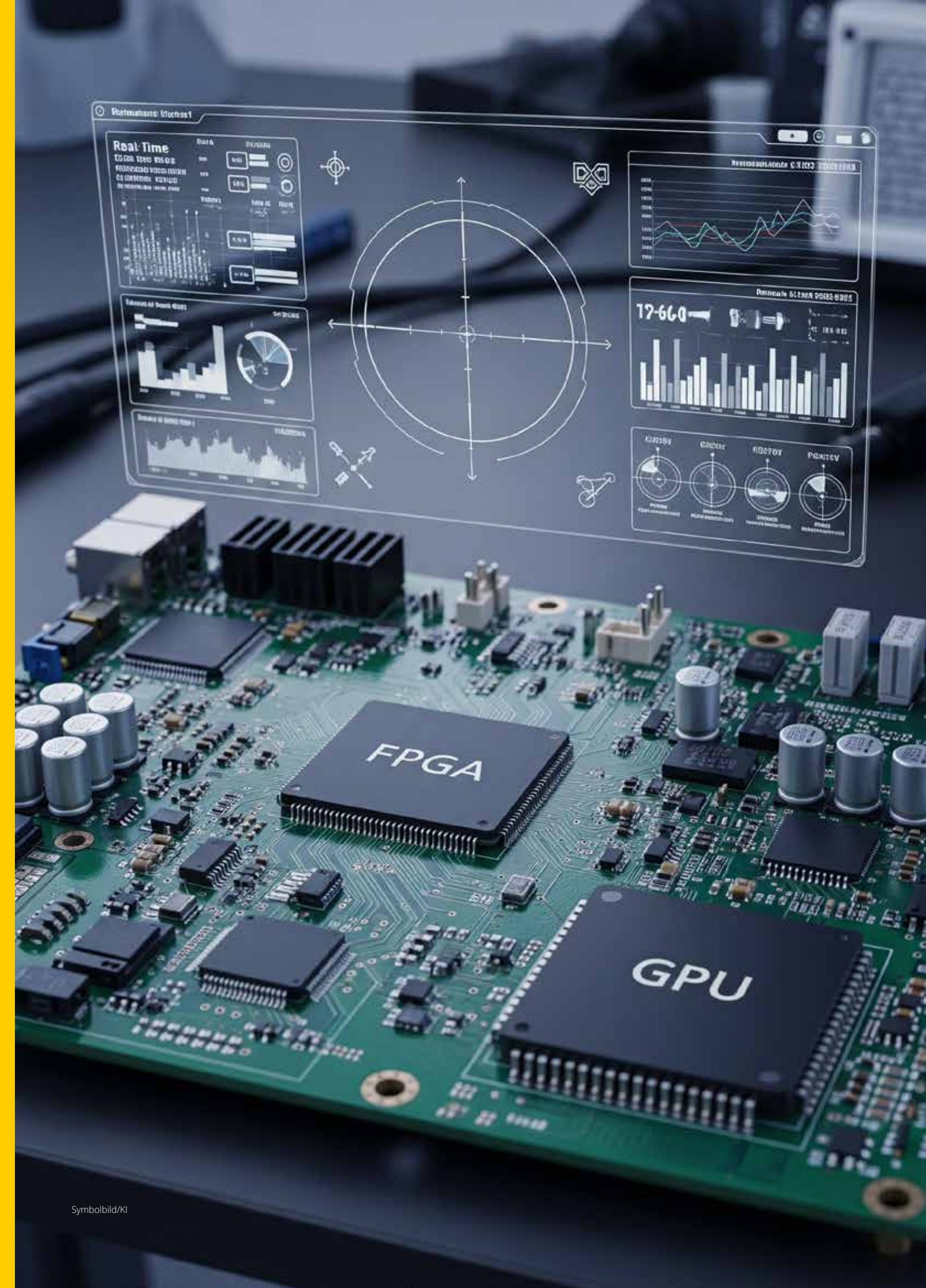
Fazit: Technologievorsprung durch hybride Intelligenz

Mit der Kombination aus FPGA und GPU entsteht eine neue Generation sicherheitskritischer Elektroniksysteme, die Echtzeitfähigkeit, Energieeffizienz und künstliche Intelligenz in einem einzigen Embedded-Vision-System vereint. Die modulare Architektur erlaubt die flexible Integration in unterschiedlichste Plattformen der Verteidigungstechnologie. Gleichzeitig bildet sie die Grundlage für zukunftsfähige, skalierbare Lösungen im Rahmen vernetzter Gefechtsführung und autonomer Operationsführung.

hema electronic liefert mit dieser Entwicklung einen technologischen Vorsprung – für sichere Entscheidungen im Einsatz, unter allen Bedingungen.

Sicherheitspolitischer Fokus:

„Verlässliche Objekterkennung, Datenfusion und Entscheidungsunterstützung in Echtzeit sind Schlüsselkompetenzen moderner Verteidigungstechnologie. Unsere Architektur macht diese Fähigkeiten skalierbar, modular und feldtauglich – auch unter extremsten Bedingungen.“



Wie können sie mit den hema visioneers in Verbindung bleiben?

Telefon

Sie erreichen uns unter der Woche
telefonisch von 8:30 bis 16:00 Uhr
unter **Tel. +49 7361 94 95 0**

Email

Schreiben Sie uns gerne eine Email an
sales@hema.de



Website

Unsere hema electronic Website
bietet Ihnen Informationen zu unseren
Leistungen und zum Unternehmen.
Hier können Sie uns über das Kontakt-
formular erreichen. **www.hema.de**



Social Media

