

Embedded-Control-Plattform nutzt Hardware-gestützte Virtualisierung

## Effizienter Zweier mit Steuermann

**Verringerte Systemkosten bei gleichbleibender Betriebssicherheit und höherer Leistung – die Markteinführung von Mehrkernprozessoren hat die technologische Basis für diese Quadratur des Kreises bei PC-basierten Steuerungen geschaffen. Zur Realisierung wird lediglich eine Virtualisierungssoftware benötigt, die die Systemressourcen den Prozessorkernen zuweist. Mit Prime Cube setzt die MSC Tuttlingen GmbH nicht nur auf ein Zweikern-System mit Virtualisierung, sie kombiniert auch die Vorteile des offenen PCs mit der Betriebssicherheit einer Hard-SPS.**

Wolfgang Jarausch ist Marketingreferent bei MSC Microcomputers Systems Components in Tuttlingen ([www.primecube.de](http://www.primecube.de))



Die Embedded-Control-Plattform basiert auf CPU-Modulen mit COM-Express-Formfaktor

Die Virtualisierung von Hardware in unterschiedliche Teilsysteme ist weit verbreitet, beispielsweise zur besseren Ressourcen-Nutzung oder zur einfacheren Systemverwaltung. Die auf einem Host-Betriebssystem laufenden, sogenannten virtuellen Maschinen werden von einer Virtualisierungs-Software ausreichend gegeneinander abgeschottet und beeinflussen sich nicht gegenseitig im Fehlerfall. Diese software-basierte Virtualisierung kann aber keine Echtzeitfähigkeit gewährleisten und die Gast-Systeme sind aus-



schließlich auf Treiber und Ressourcen angewiesen, die das Host-Betriebssystem des Rechners zur Verfügung stellt. Verschärfend kommt hinzu, dass bei einer Störung des Host-Betriebssystems auch die virtuellen Maschinen ausfallen.

Prime Cube setzt auf ein Zweikern-System mit Virtualisierung und kombiniert die Vorteile des offenen PCs mit der Betriebssicherheit einer Hardware-SPS

### PRAXIS PLUS

Die Panel-PCs der Reihe Prime Cube ECX sind für den Front-Einbau konzipiert und eignen sich dank hoher CPU-Leistung für performante Anwendungen. Die Rechner basieren auf langzeitverfügbaren Boards mit Intel GM45-Chipsatz und Celeron-575 (2,0 GHz) bzw. Core-2-Duo-T9400 (2x 2,53 GHz). Das Board stellt bis zu 4 GB DDR2-RAM und alle relevanten Schnittstellen bereit: vierfach USB 2.0, COM1, zweifach Gigabit-Ethernet sowie eine VGA- und DVI-I-Buchse. Zum einfachen Fronttafel-Einbau werden die Panels mit einer Befestigungstechnik montiert, die keine Bohrungen in der Einbauebene erfordert.

Für industrielle Anwendungen ist daher der unabhängige Ablauf unterschiedlicher Betriebssysteme auf den einzelnen CPU-Kernen der konsequente und logische Schritt, um Betriebssicherheit und Systemleistung zu verbessern. Zur Nutzung dieser Vorteile muss der direkte Zugriff auf die Hardware gewährleistet sein, um die Echtzeitfähigkeit für die Steuerung zu sichern. Für kombinierte Steuerungs- und Visualisierungsanwendungen ist daher die hardware-gestützte Virtualisierung über eine echtzeit-

fähige Virtual Machine Monitor Software (VMM, auch Hypervisor genannt) die einzig sinnvolle Alternative.

## Hardware-gestützte Virtualisierung

Echtzeit-Steuerungen erfordern den direkten Hardware-Zugriff. Auf einem Zweikern-System wird dies mit einer VMM-Software realisiert, die als Typ1-Hypervisor direkt auf der Hardware lauffähig ist und somit kein Host-Betriebssystem benötigt. Alle unter dem Hypervisor agierenden Gast-Betriebssysteme laufen komplett unabhängig voneinander.

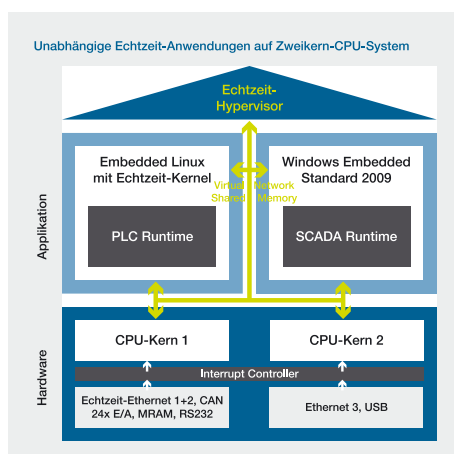
Grundvoraussetzung für eine saubere Trennung der Betriebssysteme durch den VMM ist eine Rechnerplattform, die bereits auf Virtualisierungsanwendungen ausgerichtet ist, zum Beispiel Intel VT (Intel Virtualization Technology). Die hardwareseitige Virtualisierungs-Unterstützung durch Prozessor, Chipsatz und Netzwerk erhöht die Gesamtleistung erheblich gegenüber reinen Software-Emulationen.

Alle von der Steuerungsapplikation benötigten Ressourcen inklusive Arbeitsspeicherbereich werden vom VMM exklusiv einem CPU-Kern zugewiesen, sodass jedes Betriebssystem auch nur die jeweiligen Ressourcen ansprechen kann. Der Datenaustausch zwischen den beiden Gast-Betriebssystemen erfolgt typischerweise über Shared Memory, also einem definierten Speicherbereich, den sich beide Betriebssysteme teilen, oder über ein virtuelles Netzwerk.

## Das Systemkonzept

PC-basierte Steuerungen sind prinzipiell mit jedem Computersystem realisierbar, auch mit einem herkömmlichen Desktop-Rechner. Die große Stärke des PCs ist jedoch auch gleichzeitig eine Schwäche: die Offenheit und die damit verbundene Anfälligkeit gegenüber Programmfehlern und -abstürzen. Das Embedded-Control-Konzept von Prime Cube setzt daher nicht nur auf ein Zweikern-System mit Virtualisierung, es kombiniert auch die Vorteile des offenen PCs, speziell im Hinblick auf CPU-Leistung und Speicherausstattung, mit der Betriebssicherheit einer Hard-SPS.

Die Embedded-Control-Plattform nimmt CPU-Module im COM-Express-Formfaktor als Basis. Die Modul-Standardisierung erlaubt die Skalierbarkeit in der Rechenleistung und ein rasches Nachziehen technologischer Entwicklungen. Ein COM-Express-Modul vereint alle relevanten PC-Komponenten, vom Prozessor über Chipsatz mit integriertem Grafik-Controller bis zu den einzelnen Schnittstellen. Es benötigt immer eine Trägerplatine (Baseboard), die alle modulinternen Schnittstellen physikalisch nach



Dank Hypervisor ist der logisch und physikalisch getrennte Betrieb von zwei voneinander unabhängigen Anwendungen möglich

außen führt. Bei Steuerungsanwendungen ist das Baseboard geradezu prädestiniert für die Systemerweiterung mit spezifischen Funktionen. Diese beginnen bereits beim Netzteil, das zwischen 4 und 10 ms Netzausfallzeit überbrücken kann. In der Folge schließt sich die Versorgungsspannungs-Überwachung an, die in Verbindung mit bis zu 2 MB nichtflüchtigem Speicher (MRAM) für die Sicherung remanenter Daten sorgt. Zusammen mit einem Start-Stopp-Schalter für die Betriebsart der Steuerung ist das Embedded-Control-System hinsichtlich Betriebssicherheit und Funktionalität mit einer konventionellen Hardware-SPS vergleichbar. Für die Anbindung ins Feld sorgt ein Erweiterungsmodul mit 24 frei programmierbaren E/As, ein integriertes CAN-Interface oder zwei echtzeitfähige Ethernet-Schnittstellen. Andere Feldbus-Protokolle sind jederzeit über eine PCI- bzw. PCI-Express-Erweiterungskarte realisierbar.

In einem Zweikern-System werden über den Echtzeit-Hypervisor die notwendigen Hardware-Ressourcen und die zugehörigen Interrupts exklusiv einem CPU-Kern zugewiesen. Darüber hinaus erhalten beide Kerne jeweils einen festen Bereich des Arbeitsspeichers und einen genau definierten Bereich auf dem Speichermedium zugeteilt (Compactflash-Karte, SSD oder HDD). Die verbleibenden Ressourcen wie die dritte Ethernet-Schnittstelle und die USB-Schnittstellen teilt der Hypervisor dem zweiten CPU-Kern zu.

## Zweier mit Steuermann

Dank Hypervisor ist der logisch und physikalisch getrennte Betrieb von zwei voneinander unabhängig operierenden Anwendungen möglich. Die beiden Betriebssysteme booten eigenständig und können auch einzeln neu gestartet werden. Die Steuerungsanwendung verwendet ein OSADL-konformes Embedded Linux mit präemptivem Echtzeit-Patch. Unter

dem Echtzeit-Betriebssystem läuft die Steuerungs-Runtime, die dank betriebssystemseitiger Unterstützung keine proprietäre Realtime-Erweiterung bereitstellen muss.

Für alle spezifischen Steuerungsfunktionen des Baseboards stehen dem Programmierer Treiber mit entsprechender Software-Schnittstelle (API) zur Verfügung, mit denen die speziellen Hardware-Funktionen in die Steuerungs-Runtime integrierbar sind, zum Beispiel der Neustart der SPS-Laufzeit bei einem Powerfail-Ereignis, wobei der Betriebszustand sofort in das nichtflüchtige MRAM geschrieben wird. Die Steuerungs-Runtime liest nach Wiederanlauf die Daten aus dem MRAM und setzt die Abarbeitung des Programms an der entsprechenden Stelle fort. Der zweite CPU-Kern ist für ein weiteres Betriebssystem frei. Das klassische Anwendungsszenario ist dabei ein parallel zur Steuerung agierendes Windows-Betriebssystem mit Scada-Software. Die Kommunikation zwischen beiden Systemen erfolgt über ein virtuelles Netzwerk. Alternativ ist für einen schnellen Datenaustausch zwischen den beiden Betriebssystemen auch die Nutzung von Shared Memory möglich.

## Mehrere parallele Steuerungsapplikationen

Kombinierte Steuerungs- und Visualisierungsanwendungen waren zwar bisher auch mit Einkern-Systemen möglich, auf einem Mehrkern-System mit hardware-gestützter Virtualisierung laufen dagegen jedoch beide Applikationen getrennt und ohne jegliche Einschränkung hinsichtlich Betriebssicherheit oder Funktionalität. Im Fehlerfall wird das betroffene Betriebssystem einfach neu gestartet, während die andere Anwendung unbeeinflusst weiterläuft. Wer diesem Ansatz für integrierte, PC-basierte Steuerungen eine Chance gibt, arbeitet nur mit einer Hardware, die Funktionen und Betriebssicherheit von zwei Geräten vereint.

Mittlerweile sind Vierkern-CPU's mit bis zu zwei Threads pro Kern verfügbar. Damit ist der autonome Betrieb von bis zu acht Betriebssystemen möglich. Je nach Ressourcen können so auf einer Hardware gleich mehrere parallele Steuerungsapplikationen realisiert werden.

### INFO-TIPP

Grundvoraussetzung für eine saubere Trennung der Betriebssysteme durch den Hypervisor ist eine Rechnerplattform, die bereits auf Virtualisierungsanwendungen ausgerichtet ist, wie die Intel Virtualization Technology:  
 • <http://ark.intel.com/VTList.aspx>