

Familienzuwachs: Embedded-PC rüstet auf

→ Vor drei Jahren brachte Beckhoff den Embedded-PC CX1000 auf den Markt und integrierte damit PC-Technik und modulare I/O-Ebene als Einheit auf der Hutschiene im Schaltschrank. Zur Hannover Messe 2005 wird ein neues Mitglied dieser Produktfamilie präsentiert, das neben der höheren CPU-Leistung einen direkten Anschluss von EtherCAT-I/O-Klemmen ermöglicht.



Leistung auf kleinstem Raum: Embedded-PC CX1020

Intel CPU Nummer	Bezeichnung	Takt	FSB	L2 Cache	TDP	Technologie
760	Pentium M	2,0 GHz	533 MHz	2 MB	27 W	Dothan
745	Pentium M	1,8 GHz	400 MHz	2 MB	21 W	Dothan
738	Pentium M LV	1,4 GHz	400 MHz	2 MB	10 W	Dothan
713	Pentium M ULV	1,1 GHz	400 MHz	1 MB	11 W	Banias
370	Celeron M	1,5 GHz	400 MHz	1 MB	21 W	Dothan
320	Celeron M	1,3 GHz	400 MHz	512 kB	24,5 W	Banias
373	Celeron M ULV	1,0 GHz	400 MHz	512 kB	5 W	Dothan
–	Celeron M ULV	0,6 GHz	400 MHz	512 kB	7 W	Banias

Embedded-Roadmap für Pentium-M-Prozessoren

Betrachtet man das generelle Zusammenspiel von Steuerung und Feldbustechnik im Verlauf der letzten zwanzig Jahre, so kann sicherlich eine Wechselwirkung in der jeweiligen Verarbeitungsgeschwindigkeit ausgemacht werden, insbesondere dann, wenn die Steuerung aus einem PC bestand. Am Anfang war der PC als Steuerungs-Wunderkind noch relativ langsam, da die direkt eingesteckten Signalerfassungskarten durchaus mehr Daten bereitstellten, als der PC verarbeiten konnte. Dann kamen Feldbussysteme – eigentlich verlangsamten sie die Datenerfassung im Vergleich zu den diskreten Schaltkreisen, boten aber verteilte I/O-Signale und die Sammlung größerer Datenmengen. Der PC gewann im Laufe der Zeit in puncto Verarbeitungsgeschwindigkeit die Oberhand, da die Entwicklung der Prozessoren kontinuierlicher und dynamischer war – und immer noch ist – als die der Feldbussysteme. Die klassischen Feldbussysteme wurden oft zum Flaschenhals, da die PCs mittlerweile Echtzeitverarbeitung in einer Millisekunde durchführten, während das Prozessabbild in dieser Zeit nicht erneuert werden konnte.

Heute schwingt das Pendel der Anforderung wieder zurück in Richtung PC: Moderne Feldbussysteme wie EtherCAT können die Prozessperipherie theoretisch in unter 10 µs einscannen – aber es gibt heute (noch?) keinen PC, der diese Zykluszeit aufbringt.

Diese Überlegungen zeigen jedoch eines: Da der Feldbus nun nicht mehr der Flaschenhals ist, ist die Reaktionszeit einer PC-basierten Steuerung durch die Leistung ihres Prozessors bestimmt. Entsprechend gilt oft: umso schneller die Reaktionszeit, umso größer der Teileausstoß einer Produktionsmaschine, umso besser die Fertigungstoleranz und –Wiederholbarkeit usw., kurzum: je schneller, desto besser. Dieser Überlegung folgend präsentiert Beckhoff ein neues, schnelleres Mitglied der CX-Familie: den Embedded-PC CX1020.

CPU-Leistungssprung

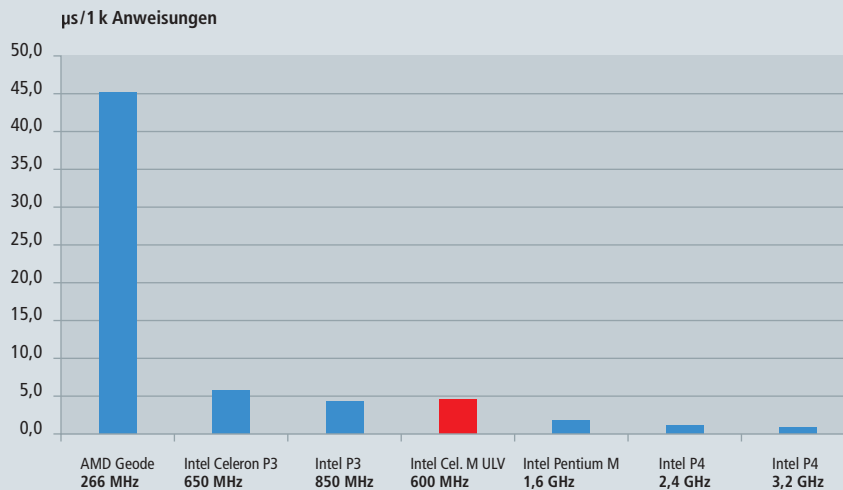
Verglichen mit dem CX1000, der im Inneren einen AMD-Geode mit 266 MHz hat, kann der CX1020 nun mit einer Intel-Celeron-M-CPU aufwarten, die mit 600 MHz getaktet ist. Es handelt sich um eine stromsparende Variante, die mit niedriger Core-Spannung ULV (Ultra Low Voltage) arbeitet und mit lediglich 7 W TDP (Thermal Design Power) eine niedrige thermische Verlustleistung hat. Das hat zur Folge, dass selbst in dem kleinen Formfaktor des CX1020-Embedded-PC auf einen Lüfter verzichtet werden kann. Da als Boot- und Speichermedium Compact-Flash zum Einsatz kommt, sind keine rotierenden Medien in der Steuerung verbaut – ein wichtiger Aspekt zur Erhöhung der MTBF (Mean Time Between Failures) des Gesamtsystems.

In Kombination mit dem erprobten Intel-Chipsatz 855GME, wird auch die Grafik kostensparend ausgeführt, da sie bereits im Chipsatz enthalten ist. Als Arbeitsspeicher kommt (wie bei Pentium M üblich) DDR-RAM zum Einsatz, das in der Grundausstattung eine Größe von 256 MByte hat. Da es intern als SO-DIMM ausgeführt ist, lässt sich der RAM-Speicher durch den Einsatz anderer Speicher bis 1 GByte erweitern.

Die Wahl der CPU erfolgte aufgrund der Tatsache, dass sie Teil der Embedded-Roadmap (Übersicht oben) für Pentium-M-Prozessoren bei Intel ist, was eine langjährige Verfügbarkeit in Aussicht stellt. Intel spricht von fünf Jahren; allerdings sind hiervon Abweichungen, sowohl nach oben, als auch nach unten möglich. Generell sind die Intel-Pentium-M-Prozessorfamilie und deren „abgespeckte“ Celeron-M-Varianten für den Einsatz in Steuerungen interessant, da sie durchaus vergleichbare Leistungsdaten, zu höher getakteten P4-Prozessoren haben (z. B. braucht ein Pentium M 2 GHz durchaus nicht den Vergleich zu einem P4 2.4 GHz zu scheuen) und dabei wesentlich weniger thermische Leistung abgeben. Der als Maßstab für Leistungsfähigkeit im industriellen Umfeld verwendete Wert ist die Angabe der Zeit, die eine CPU zur Abarbeitung von 1000 SPS-Befehlen benötigt. Obwohl dieser Test noch nicht standardisiert ist (es gibt erste Bemühungen, hier einen Standard zu definieren), so gibt er doch einen Anhaltspunkt, wie ein Prozessor einzuordnen ist. Für den Celeron M 600 MHz ergaben Messungen bei Beckhoff, dass dieser durchaus mit einem Intel PIII 850 MHz vergleichbar ist. Die im Bild (S. 10, oben) gezeigten Vergleichsmessungen wurden mit jeweils 5000 Zeilen SPS-Anweisungen durchgeführt, die verschiedenste Operationen (LD, ST, ADD, SUB, String-, Bit- und Vergleichsoperationen) mit verschiedenen Datentypen kombiniert haben. Was die Grafik nicht zeigt, ist, dass bei größeren Programmen, ab etwa 25.000 Zeilen, der Celeron M grundsätzlich schneller als der PIII 850 ist. Dies kann hauptsächlich auf den größeren Second-Level-Advanced-Transfer-Cache des Celeron M (512 kB) zurückgeführt werden.

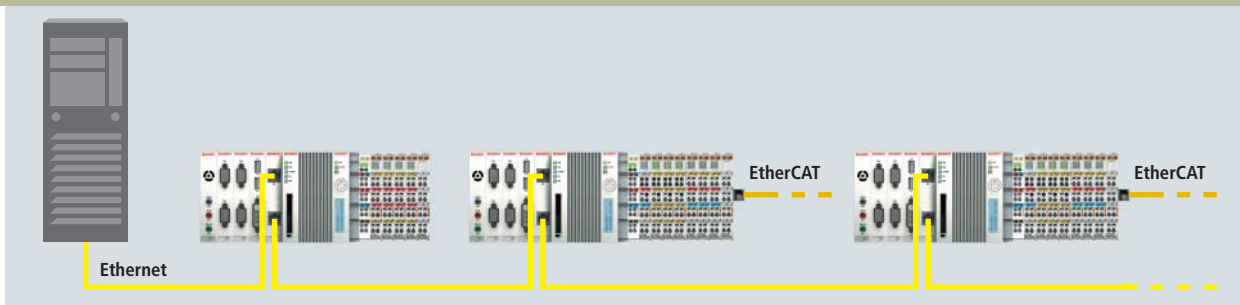
Erkennbare Familienzugehörigkeit

Das Gehäuse- und Montagekonzept des CX1020 gleicht dem seines kleineren Bruders CX1000: Wie bei diesem besteht der Embedded-PC aus mehreren, vom Benutzer zusammensteckbaren, Komponenten – im einfachsten Fall das CPU-Modul und das multifunktionale Netzteil. Die Verbindung dazwischen sowie zu allen anderen CX-Komponenten erfolgt über den PC104-Bus, der beim CX1020 jedoch um EtherCAT-Signale erweitert wurde. Das CPU-Grundmodul bringt als Grundausstattung zwei RJ-45-Buchsen mit, hinter denen sich ein integrierter 3-Port-Switch befindet. Das bedeutet in der Praxis häufig die Einsparung eines separa-



Die Vergleichsmessungen wurden mit jeweils 5000 Zeilen SPS-Anweisungen durchgeführt.

Aufbau einer IT-Linientopologie mit unterlagerten EtherCAT-Inseln



ten Switches, da eine Linientopologie bequem aufgebaut werden kann. Das spart Kosten, z. B. in der Gebäudeinstallation, wenn pro Etage mehrere Raumsteuerungen verteilt werden, die sonst untereinander in einer Sterntopologie vernetzt werden müssten. Wie bei CX1000 können auch beim CX1020 optionale System-schnittstellen hinzugefügt werden. Es stehen ein DVI-I (=DVI-D + VGA)-Ausgang, zwei USB-2.0-Schnittstellen, bis zu vier RS232-Schnittstellen sowie Audio zur Verfügung. Die vier RS232-Schnittstellen verfügen über eine Optoentkopplung und können wahlweise auch als RS422/RS485 ausgeführt werden.

Bei der Wahl des geeigneten Feldbussystems wird der CX1020 keinen Glaubenskrieg vom Zaun brechen: Neben EtherCAT werden die wichtigsten klassischen Feldbusse unterstützt. Dabei kommen die gleichen Feldbusmaster und -slavebaugruppen wie beim CX1000 zum Einsatz und zwar für PROFIBUS, CANopen, DeviceNet, Lightbus und Sercos.

Die gleiche Wiederverwendbarkeit gilt auch für die multifunktionalen Netzteile des CX1000: eines ohne I/O-Klemmenanschluss, eines mit K-Bus-Anschluss, eines mit K-Bus- und IP-Link-Anschluss für IP-67-geschützte Feldbus-Box-Module und – das ist neu – ein Netzteil mit direkter Anschlussmöglichkeit der Beckhoff EtherCAT-Klemmen. Allen Netzteilen gemeinsam ist das integrierte NOVRAM, das beleuchtete 2x16-Zeichen-FSTN-Display und der Navigationsschalter.

EtherCAT als schnelles I/O-System

Der Embedded-PC CX1020 wurde in Hinblick auf das optimierte Zusammenspiel mit EtherCAT entwickelt. Die zwei Ethernet-Schnittstellen des CPU-Moduls, sind – wenn auch technisch möglich – nicht primär für den EtherCAT-Betrieb gedacht. Diese beiden „IT“-Schnittstellen werden intern an einen MAC (Media Access Controller) geführt.

Für EtherCAT gibt es beim CX1020 einen zweiten MAC, also eine intern verwendete Ethernet-Schnittstelle, die ebenfalls 100-MBit-fähig ist. Deren physikalische Signalebene wird im Netzteil CX1100-0004 auf den E-Bus umgesetzt und ermöglicht den direkten Anschluss von EtherCAT-Klemmen an den Embedded-PC. Der E-Bus läuft als physikalisches LVDS-Signal durch jede einzelne Klemme mit einer maximalen Verzögerung von 300 ns pro Klemme und ist, dank der EtherCAT-Protokolldefinition, in der Lage, von jedem Teilnehmer (Klemme) im Telegrammdurchlauf sowohl Daten aufzunehmen als auch abzugeben. Somit wird die physikalische Kommunikationsbandbreite quasi doppelt genutzt und die Nutzdatenrate beträchtlich erhöht. Da die Prozessdaten von dem Ethernet-Controller des CX1020 direkt aus dem RAM entnommen und auch da wieder abgelegt werden, entfallen die sonst üblichen Kopierzeiten zwischen einem Dual-ported-RAM einer PCI- oder ISA (PC104)-Feldbuskarte. In der Praxis bedeutet das kürzere Zykluszeiten und somit auch kürzere Reaktionszeiten. Zusammen mit der schnellen Verarbeitungszeit der CPU ergeben sich neue Möglichkeiten: So kann z. B. eine SPS-Task mit 100 µs Zykluszeit immer ein jeweils aktualisiertes Prozessabbild bearbeiten.

Interessanterweise ergeben sich durch EtherCAT bei CX1020 mehrere Möglichkeiten, die klassischen Feldbussysteme anzuschließen: Entweder als CX1500-xxxx-Baugruppe direkt an der CPU oder als EtherCAT-Teilnehmer in Klemmenform. Beispielsweise gibt es den PROFIBUS-Master entweder als CX1500-M310 oder als EtherCAT-Klemme EL6731. Es sind keine Funktionseinbußen zwischen den beiden Ausführungen; beide haben die gleichen Leistungsmerkmale – z. B. unterstützen beide PROFIBUS-DP-V2. Praktisch kann der PROFIBUS-Master also da an der Maschine angebracht werden, wo er auch benötigt wird. Es muss also nicht mehr unbedingt die Steckkarte im IPC oder die Mastersteuerung im Schaltschrank sein.

SPS, Motion Control, Interpolation und HMI

Als IPC auf der Hutschiene hat der CX1020 im Zusammenspiel mit der Beckhoff TwinCAT-Software die Funktionalität großer Industrie-PCs. Im Bereich SPS können bis zu vier virtuelle IEC 61131-CPUs mit jeweils bis zu vier Tasks programmiert werden; die kürzest einstellbare Zykluszeit beträgt 50 μ s. Alle IEC 61131-3-Sprachen sind nutzbar.

Ebenso stehen alle Funktionalitäten von TwinCAT für den Bereich Motion Control zur Verfügung: Es können theoretisch bis zu 256 Achsen angesteuert und neben einfachen Punkt-zu-Punkt-Bewegungen auch komplexere Mehrachs-funktionen, wie elektronisches Getriebe, Kurvenscheiben und Fliegende Säge ausgeführt werden. Im Unterschied zu CX1000 kann CX1020, dank gesteigerter CPU-Leistung, nun auch interpolierende 3D-Bahnbewegungen ausführen und DIN66025-Programme abarbeiten.

Neben den in Echtzeit ausgeführten Steuerungsaufgaben sorgt die Verwaltung im TwinCAT-Echtzeit-Kern dafür, dass genügend Zeit für die Benutzeroberfläche (HMI) bleibt, die über Softwareschnittstellen wie ADS oder OPC mit den Echtzeit-Anteilen kommuniziert.

Auch bei CX1020 gilt der Grundsatz: ein Programmierwerkzeug für alle Steuerungen. Die gesamte Programmierung von SPS, Motion Control und Visualisierung ist auf alle PC-Steuerungen von Beckhoff übertragbar – beruhigend, falls sich während des Projekts herausstellt, dass es dann doch ein P4 mit 3.4 GHz und Hyperthreading sein muss.

Als Betriebssystem kann CX1020 mit Microsoft Windows CE, Windows XP Embedded oder Windows XP Professional ausgerüstet werden. Letzteres wird durch die Entwicklung der Compact-Flash-Speichermedien ermöglicht, die mittlerweile Größen von 2 bis maximal 8 GByte erreicht haben.

Fazit

Leistung auf kleinstem Raum: Der CX1020 ist ein neues Mitglied der Embedded-PC-Familie bei Beckhoff. In Kombination mit EtherCAT als Feldbus eröffnen sich durch Reaktionszeiten unterhalb der Millisekunde neue Anwendungsmöglichkeiten und Prozessverbesserungen. Nur für die Typographie der Automatisierungsfachliteratur wird es problematischer: das „ μ “-Zeichen wird wohl häufiger werden.