

TwinCAT unter Windows CE 3.0:

Vertikale Automation

Der PC und die Microsoft-Betriebssysteme Windows 98/NT/2000 bestimmen den Trend und verdrängen herkömmliche SPS- und NC-Steuerungen in der Automation. Mit CE 3.0 tritt nun ein zusätzliches Betriebssystem ins Rampenlicht, dessen Eigenschaften im Hinblick auf die Automationstechnik überarbeitet wurden. Beckhoff, bislang Vorreiter von Steuerungstechnik unter NT und NT Embedded, nutzt bei ihrer Steuerungssoftware TwinCAT nun auch CE als Plattform. Damit rückt die Vertikale Automation vom kleinen Frontend bis zur großen NT-Station in greifbare Nähe.

Andreas Thome



Andreas Thome ist in den Bereichen Product Marketing PC Control und International Key Account bei Beckhoff in Verl tätig.



Die Portierung von TwinCAT auf CE 3.0 ermöglicht eine durchgängige Skalierung von großen NT-Lösungen über NT embedded (Midsize) bis hin zu Embedded Steuerungen

Die Steuerungstechnik und Komponenten der Industrieautomation befinden sich zur Zeit in einem rasanten Entwicklungstempo. Der Eroberungskampf des PCs als Industriesteuerung ist noch nicht beendet, da soll – zumindest wenn es nach dem Willen von Microsoft geht – auch die kleine bis mittlere Steuerungstechnik auf Embedded Systemen mit Windows-Technologie ausgerüstet werden. Und die Chancen dafür stehen nicht schlecht: Sowohl Anwender als auch Programmierer profitieren von den Anleihen, die CE 3.0 bei seinen großen Brüdern Windows 98/NT/2000 gemacht hat. Dennoch darf man es technisch aber keinesfalls als abgespeckte Version dieser betrachten.

Aus der Sicht von Beckhoff stellt die Portierung von TwinCAT auf Windows CE 3.0 die konsequente Fortsetzung des Gedankens 'Software statt Hardware' in

die kleine bis mittlere Steuerungskategorie dar, in denen ein PC mit monolithischem Betriebssystem preislich einen schweren Stand hat. Bislang eignet sich TwinCAT auf Windows NT/2000 für PC-gestützte Aufgaben hoher Komplexität und großer Datenmengen, z.B. SPS-Programme in Megabyte-Größen, gekoppelt mit Datenbank-Applikationen und/oder umfangreichen NC/CNC-Aufgaben.

TwinCAT auf NT Embedded zielt auf Anwendungen, die nur eine Untermenge von NT-Betriebssystemkomponenten brauchen, oder weniger Ressourcen benötigen als ein komplettes Windows NT/2000. Durch Windows CE 3.0 wird das Automationspaket auch auf Embedded Systemen mit wesentlich geringeren Ressourcen lauffähig: das Betriebssystem selbst funktioniert bereits ab ca. 330 K ROM und 40 K RAM. Mit den verschiedenen Windows-Varianten erreicht TwinCAT somit eine vertikale Durchgängigkeit und Skalierbarkeit durch alle Leistungsebenen der Automation.

CE 3.0 erlaubt vertikale Durchgängigkeit und Skalierbarkeit

Zunächst ließ die wechselvolle Geschichte von Windows CE bis zum Erscheinen der Version 2.0 Anfang 1998 nicht auf einen Einsatz im industriellen Umfeld schließen: das Betriebssystem war nur in Handheld PCs im Einsatz und wies in der Version 1.0 zu viele Einschränkungen wie COM und Connectivity (Netzwerk, Modem) auf. Mit der Version 2.0 erfolgte aufgrund verbesserter Eigenschaften wie ActiveX-Unterstüt-

zung, TAPI oder Internet eine Neuorientierung hin zu einer Vielzahl von Marktsegmenten wie Handheld PC, Palm PC, Video-recorder, Messtechnik, Kommunikationsgeräte (Handy, Router), Fax, Kopierer, Autoradio und explizit auch Factory Automation Controls.

Die Version 3.0 bringt neue Eigenschaften im Bereich des Betriebssystem-Kerns, der Shell, des Dateisystems sowie verbesserte Entwicklungswerkzeuge. Die Eignung als Embedded

Betriebssystem im Bereich Industrieautomation war die Grundvoraussetzung, um TwinCAT auf CE einzusetzen. Ausschlaggebend waren:

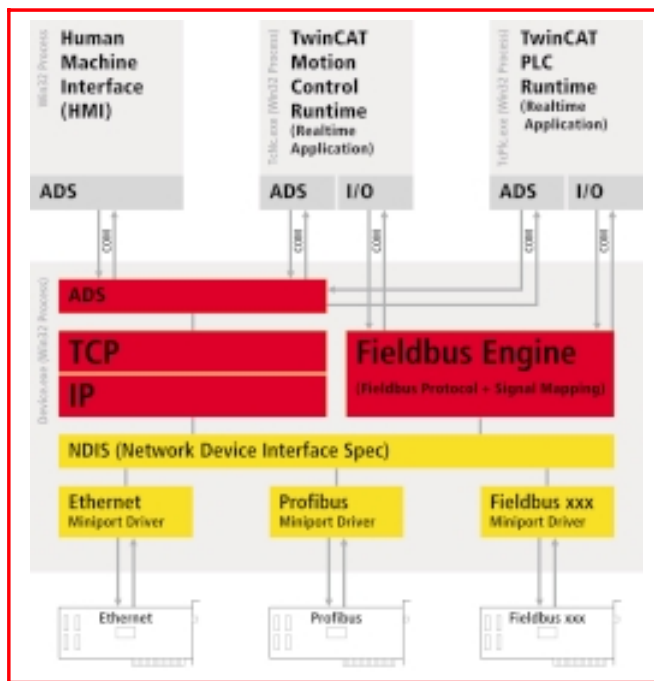
- Echtzeitfähigkeit und integrierter Echtzeitkern
- Ressourcen-Minimierung
- Sicherheit und Stabilität
- Bootverhalten
- Kommunikationseigenschaften
- Kosten

Betriebsbereite Plattform kommt auf rund 3 MB ROM und 700 K RAM

Der geringe Ressourcenverbrauch ermöglicht einen sparsamen Grundausbau der Hardware mit RAM und ROM, der allerdings im weiteren Ausbau mit Treibern, Dateisystem, Shell und Anwenderprogrammen durchaus auf ca. 3 MB ROM und 700 K RAM anwächst. Der weitere Ressourcenbedarf unter TwinCAT entsteht durch die Laufzeitprozesse von SPS und NC als Echtzeitapplikationen sowie durch die SPS oder NC-Programme des Anwenders.

CPU-Wahl und Powermanagement sind entscheidende Details

Darüber hinaus kann TwinCAT auf CE auch im Headless Mode ausgeführt werden, d.h. als Black Box ohne Bildschirm und Tastatur. Zu einer optimierten Res-



PLC-Runtime und Antriebsregelung greifen in Echtzeit direkt auf die Fieldbus Engine zu, die für den einheitlichen Zugriff auf die verschiedenen Feldbus-Varianten sorgt

sourcecnutzung trägt auch die Tatsache bei, dass man in der OEMIdle-Routine die Möglichkeit hat, die Verweildauer im Powersave-Mode selbst zu bestimmen. Durch interne Kenntnis und Voraussage der Idle-Zeiten lässt sich somit auf batteriegetriebenen Geräten wertvolle Laufzeit einsparen, zum Beispiel bei funkgestützten Bedieneinheiten, die teilweise mobil betrieben werden. Die Wahl der CPU und das Powermanagement erlauben lüfterlosen Betrieb – ein wichtiger Beitrag zur Ausfallsicherheit, der oft übersehen wird.

Umsetzung der 64 TwinCAT-Tasks des Echtzeitkerns in NT 4.0 (unten) in die Thread-Prioritätenliste von CE 3.0: Die alten 8 Prioritätsstufen von CE 2.12 entsprechen jetzt den letzten acht Stufen von CE 3.0.

Task Priority	Task Name	Thread Priority	Thread Name	WinCE2K12 Priority
63	Net send	45	TC THREAD 53	5
62	...	46	TC THREAD 52	5
61	...	47	TC THREAD 51	5
60	...	48	TC THREAD 50	5
59	PLC BusTime 0: User Program Task 4	15	...	3
58	PLC BusTime 0: User Program Task 3	14	...	3
57	PLC BusTime 0: User Program Task 2	13	...	3
56	PLC BusTime 0: User Program Task 1	12	...	3
55	PLC BusTime 0: Management Task	11	...	3
54	...	10	...	3
53	PLC BusTime 1: User Program Task 4	15	...	2
52	PLC BusTime 1: User Program Task 3	14	...	2
51	PLC BusTime 1: User Program Task 2	13	...	2
50	PLC BusTime 1: User Program Task 1	12	...	2
49	PLC BusTime 1: Management Task	11	...	2
48	...	10	...	2
47	NC Numerical Control Preparation Task	10	...	1
46	...	9	...	1
45	NC Numerical Control Task	8	...	1
44	...	7	...	1
43	...	6	...	1
42	...	5	...	1
41	...	4	...	1
40	...	3	...	1
39	...	2	...	1
38	...	1	...	1
37	...	0	...	1
36	...	0	...	1
35	...	0	...	1
34	...	0	...	1
33	...	0	...	1
32	...	0	...	1
31	...	0	...	1
30	...	0	...	1
29	...	0	...	1
28	...	0	...	1
27	...	0	...	1
26	...	0	...	1
25	...	0	...	1
24	...	0	...	1
23	...	0	...	1
22	...	0	...	1
21	...	0	...	1
20	...	0	...	1
19	...	0	...	1
18	...	0	...	1
17	...	0	...	1
16	...	0	...	1
15	...	0	...	1
14	...	0	...	1
13	...	0	...	1
12	...	0	...	1
11	...	0	...	1
10	...	0	...	1
9	...	0	...	1
8	...	0	...	1
7	...	0	...	1
6	...	0	...	1
5	...	0	...	1
4	...	0	...	1
3	...	0	...	1
2	...	0	...	1
1	...	0	...	1
0	...	0	...	1

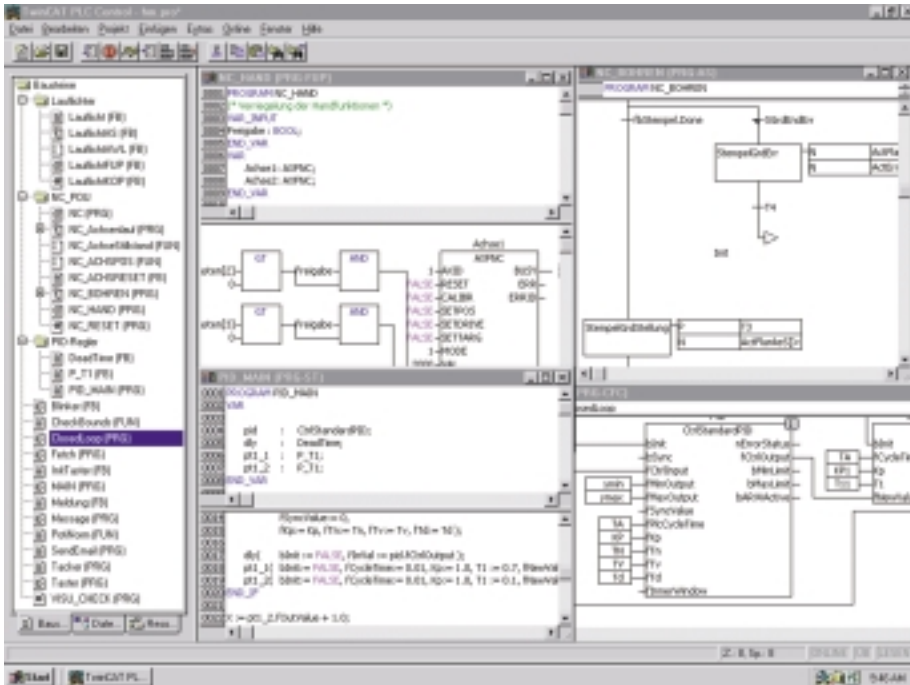
Die Sicherheit und Stabilität eines CE-Systems beruht auf dem Konzept, dass jede Applikation in einem gesonderten Prozessraum läuft. Dies macht direkte Adresszugriffe unter den einzelnen Prozessen sowie von einem Prozess zu Betriebssystemkomponenten unmöglich – und somit sind die TwinCAT-Laufzeiten für Achsensteuerung und SPS vor äußeren Zugriffen abgeschirmt.

Intrinsic Realtime: CE 3.0 erreicht Echtzeitfähigkeit mit eigenen Mitteln

Das Bootverhalten einer CE-basierten Steuerung hängt von der Anzahl installierter Komponenten ab, liegt aber eher im Sekundenbereich. Also kein Vergleich zu einem 40-50 s dauernden NT-Start. Sofern es die Hardware unterstützt, kann man die Steuerung suspendieren und durch 'Instant On' zu sofortigem Leben erwecken. Die Kommunikationsmöglichkeiten können hier nur durch Stichworte erwähnt werden: DCOM, HTTP, TCP/IP, WinSock, TAPI, SSL, PCT, SLIP, PPP, IrDA, IrSock stehen zur Verfügung.

Bedeutend ist das Echtzeitverhalten: schnelle SPS-Vorgänge sowie die Positionier-Regelung elektrischer Antriebe erfordern deterministische Reaktionszeiten, die im Bereich weniger Mikrosekunden liegen müssen. Diese Deterministik stellt bei den 'großen' Betriebssystemen

Windows NT/2000 der Echtzeitkern von Beckhoff sicher. Unter Windows CE 3.0 sind keine Zusätze mehr nötig: es ist durch ein deterministisches Thread-Scheduling des Kerns selbst 'echtzeitfähig', wobei der Systemtick endlich von 25 auf 1 ms gesenkt wurde. Letzte Messungen, vorgestellt von General Motors im Februar 2000 auf dem OMAC-Meeting in Orlando, zeigen, dass der Jitter von User-Threads auch über längere Zeiträume 100 µs nicht überschreitet



Die Programmierumgebung für SPS und NC wurde nicht portiert, da eine Umsetzung aufgrund der limitierten Win32 API für Oberflächenprogrammierung faktisch eine Neuimplementierung bedeutet hätte

und damit vielfältigen Steuerungsanwendungen genügt. Unterstützt werden bei CE 3.0 max. 32 Prozesse, jeder Prozess hat einen maximalen Adressraum von 32 MB und kann beliebig viele Threads erzeugen. Die Anzahl der Prioritätsstufen wurde von 8 auf 256 erhöht, wobei 0 die höchste Stufe darstellt. Die alten 8 Stufen von CE 2.12 entsprechen jetzt den letzten acht Stufen von CE 3.0. Geblieben ist das Scheduling-Verfahren des Kernels: höherpriorige Threads unterbrechen niedrigerpriorige, Threads gleicher Priorität laufen im round-robin Verfahren

mit einer Zeitscheibe, dem 'Thread Quantum'. Neu ist, dass man das Quantum pro Thread einstellen kann. Wird es für einen Thread zu Null gesetzt, kann dieser nur höherpriorig unterbrochen werden. Gegenüber der Version 2.12 können in der zweistufigen Behandlung eines Interrupts durch ISR (Interrupt Service Routine) und IST (Interrupt Service Thread) jetzt ISR von höherpriorigen ISRs unterbrochen werden. Dies sorgt dafür, dass die Reaktionszeiten (Latenzzeiten) des Kernels so kurz wie möglich bleiben. Unter Beachtung der von CE 3.0 vor-

gegebenen 256 Thread-Prioritäten erfolgte die Implementierung der TwinCAT-Laufzeitsysteme für NC und SPS als Win32 Prozesse, mit jeweils 2 Threads für die NC (Satzvorbereitung und -ausführung) und maximal 16 Threads für die SPS. Die NC hat dabei, wie auch unter NT, eine höhere Priorität als die SPS.

Die Implementierung: SPS und Achsensteuerung mit CE

Die Programmierung von SPS und NC erfolgt über einen separaten PC und eine TCP/IP-Netzwerkverbindung. Aufgrund der gegenüber NT limitierten Win32 API für Oberflächenprogrammierung käme eine Umsetzung der SPS-Programmierungsumgebung auf CE faktisch einer Neuimplementierung gleich. Die SPS/NC-Threads greifen in Echtzeit auf ihr I/O-Prozessabbild zu, andere Benutzerapplikationen dagegen über das ADS (Automation Device Specification) Protokoll. Der ADS-Layer abstrahiert die Feldbusebene. Dadurch bleibt die Software-schnittstelle zur Applikation unabhängig vom verwendeten Feldbus stets identisch. Die 'Fieldbus Engine' sorgt für die Zuordnung (Mapping) der physikalischen I/Os in das logische I/O-Abbild eines Threads. Die hardware-spezifische Anpassung an eine Feldbuskarte erfolgt durch die Entwicklung eines zur Feldbuskarte passenden Miniport-Treibers. So stehen die wesentlichen Eigenschaften einer TwinCAT-Steuerung (Echtzeit, SPS, NC) auch unter CE zur Verfügung, aber mit dem Unterschied, dass die ausführende Plattform nicht mehr ein PC sein muss. TwinCAT auf Windows CE eröffnet für Beckhoff neue Perspektiven und die reizvolle Aufgabe, das Marktsegment Kleinsteuerungen mit den jahrzehntelang gesammelten Erfahrungen hard- und softwaremäßig adäquat zu bedienen. Denn: Warum soll z.B. eine Waschmaschine nicht ein CE-Display haben, ihr Ablauf lässt sich unter TwinCAT bequem in IEC 61131-3 programmieren. Bei Bedarf holt sich die Steuerung die neuesten Waschprogramme vom Hersteller aus dem Internet oder übermittelt automatisch einen Reparaturauftrag mit Diagnose der defekten Teile an die Serviceabteilung.

SPS und NC auf dem PC

Das TwinCAT Software System (The Windows Control and Automation Technology) macht aus jedem kompatiblen PC eine Echtzeitsteuerung mit Multi-SPS, NC-Achsregelung, Programmierumgebung und Bedienstation. TwinCAT substituiert herkömmliche SPS- und NC-Steuerungen sowie Bediengeräte durch:

- Einbettung von Software-SPS und -NC in Windows 2000/NT/NT Embedded/CE
- Achsenansteuerung für Point-to-Point Positionierung und interpolierende Bahnbewegung. Bis zu 256 Achsen können, nur abhängig von der Leistungsfähigkeit des PC-Prozessors, positioniert werden. Son-

derfunktionen wie Kurvenscheibe oder Fliegende Säge werden unterstützt

- Multi-SPS mit 4 SPS-Laufzeitsystemen pro PC und Zykluszeiten ab 50 µs. Die Programmierumgebung bietet alle Sprachen der IEC 61131-3 Norm
- Anbindung an alle gängigen Feldbusse und PC-Schnittstellen für E/A Signale: Profibus, CANopen, DeviceNet, Interbus, Sercos, Beckhoff Lightbus
- Datenanbindung an Bedienoberflächen und andere Programme mittels Standards (OLE, OCX, ActiveX, DCOM+, OPC etc.).

**TwinCAT für CE3.0
Automatisierungssystem**

750