

Категории контроллеров Beckhoff. Гибкие возможности автоматизации

Рассматриваются основные характеристики, особенности построения и направления развития контроллеров Beckhoff, широко применяемых на объектах промышленной автоматизации.

The paper discusses key performance attributes, design features and development trends of Beckhoff controllers widely applied in industrial automation.

По аналогии с видом спорта – боксом – можно сравнить тактовую частоту установленного в оборудовании процессора с “весовой категорией”. В соответствии с характеристиками аппаратного обеспечения, приведенными в табл.1, контроллеры Beckhoff можно разделить на 4 основных категории:

- контроллер узла промышленной шины BC (“легкий вес”);
- контроллер узла промышленной шины VX (“средний вес”);
- оборудование сер. Embedded PC CX (“полутяжелый вес”);
- промышленный ПК (“тяжелый вес”).

Контроллер узла промышленной шины BC



Рис. 1. Контроллер узла промышленной шины BC

Контроллеры узла промышленной шины семейства BC (рис. 1) продаются на рынке уже несколько лет. Они предназначены для применения в качестве вспомогательного контроллера в сети, построенной на основе промышленных шин, при решении задач автоматизации отдельных устройств, а также в распределенных схемах автоматизации на небольших предприятиях. Говоря упрощенно, контроллер сер. BC представляет собой миниатюрный ПЛК, подключаемый к шине в качестве ведомого устройства. Его программирование осуществляется по промышленной шине с центрального ПК или через последовательный программируемый интерфейс, которым оснащены все устройства. Для организации ввода/вывода предлагаются самые различные модули ввода/вывода.

Несмотря на то, что в контроллере BC другие интерфейсы связи не предусмотрены, имеется возможность организации обмена данными с устройствами, оснащенными другими интерфейсами, например, RS-232/485. Подключение к Ethernet, однако, возможно только для контроллера BC9000. Оборудование сер. BC используется во всех случаях, когда требуется автономное выполнение про-

граммы: при управлении относительно независимыми агрегатами, например, конвейерами или сортировщиками, при регулировании критических процессов (температуры, давления, натяжения) или в автоматизации оборудования здания (контроль температуры, уровня затемнения и освещенности). Размер пользовательских программ ограничен объемом имеющейся памяти.

Контроллер узла промышленной шины VX

Новый внешний вид, новое содержание, новая конструкция – серия контроллеров VX (рис. 2) производства Beckhoff была впервые представлена в ноябре 2002 г. на выставке SPS/IPC/DRIVES в г. Нюрнберге (Германия). Уровень оснащенности и технические характеристики данной



Рис. 2. Контроллер узла промышленной шины VX

серии позволяют поместить ее между сериями BC и CX. Аналогично контроллерам BC, оборудование этой серии построено на микроконтроллерах и может работать в качестве автономного контроллера или ведомого устройства, подключаемого к промышленной шине. Конструкция корпуса разработана на основе CX1000 и позволяет подключать к любому контроллеру VX карту памяти Compact Flash для хранения данных.

Основное отличие контроллеров BC от VX заключается в том, что VX оснащается памятью большего объема (табл. 1) и требует несколько большей мощности процессора. Устройства серии VX также оснащены двумя последовательными интерфейсами, один из которых предназначен для программирования, а второй свободен, а также шиной Beckhoff Smart System Bus (SSB), использующейся для подключения других периферийных устройств, например, дисплеев.

Контроллер оснащен ЖК-дисплеем (2 строки по 16 символов) с подсветкой, выполненным по технологии FSTN, и часами реального времени (RTC).

Модули ввода/вывода могут подключаться непосредственно обычным образом. Область применения контроллеров этой серии аналогична серии BC. Однако, больший объем памяти контроллеров VX делает их пригодными для выполнения значительно более сложных программ большего объема и позволяет организовать локальное управление данными (например, архивирование данных и регистрация тенденций изменения данных), которые затем можно получить с устройства по промышленной шине или через сеть Ethernet.

| Контроллер Beckhoff | Процессор | Частота, МГц | Память типа Flash | Оперативная память | Карта Compact Flash | Сопроцессор для выполнения операций с плавающей точкой | Часы реального времени | Память NOVRAM | Поддержка промышленных шин | Ведущая/ведомая роль при подключении к промышленной шине | Другие интерфейсы |
|--|--------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|--|------------------------|---------------------|---|--|--|
| BC2000 BC3100 BC4000 BC7300 BC8000 BC8100 BC9000 | μC | 16 | 256 кбайт | 64 кбайт | - | Эмуляция | - | 512 байт | Lightbus Profibus Interbus Modbus RS-232 RS-485 Ethernet | Ведомая | RS-232 |
| VX3100 VX5120 VX5200 VX8000 VX9000 | | 20 | | 128 кбайт | | | 4 кбайт | | | | SSB RS-232/-485 |
| CX1000 | x86 Pentium MMX-совместимый | 266 | 64 Мбайт (4 Гбайт) | 32 Мбайт (128 Мбайт) | Да | Да | Да | 8 кбайт | Lightbus Profibus CANopen DeviceNet Sercos | Ведущая/ ведомая | Ethernet USB, DVI, 2xRS-232 1xRS-485 звук, видео |
| Промышленный ПК | Intel Pentium | 850 (пример) | Жесткий диск 40 Гбайт | 256 Мбайт (пример) | Опция | | | 32 кбайт (опция) | Lightbus Profibus Interbus CANopen DeviceNet Sercos USB, RS-232 | | Все стандартные интерфейсы ПК |

Серия Embedded-PC CX1000

Система CX1000 (рис. 3) представляет собой переходную серию в линейке продукции Beckhoff, располагаясь между контроллерами, построенными на основе микроконтроллеров, и контроллерами на основе ПК, и сочетает в себе особенности контроллера аппаратного обеспечения и промышленного ПК. Корпус может монтироваться на 30-мм DIN-рейке. Возможны: стыковка нескольких модулей ввода/вывода; движущиеся элементы не применяются; работа с системой без экрана и мыши; установка всех обычных для ПК разъемов (DVI, USB, Ethernet, COM1/2/3, звук, видео, Compact Flash). Применение ОС Windows CE.NET и Windows XP Embedded также позволяет отнести изделие к классу ПК. При подключении к промышленной шине контроллеры CX, аналогично промышленным ПК Beckhoff, могут работать в качестве

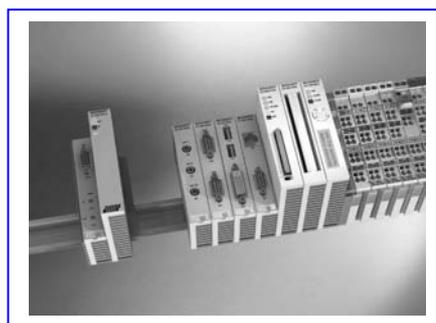


Рис. 3. Embedded PC CX

как ведущего, так и ведомого устройства и поддерживают одновременную работу с несколькими промышленными шинами.

Серия CX представляет собой “полутяжелую весовую категорию” контроллеров Beckhoff, предназначенную для решения задач средней и большой сложности, где могут также потребоваться возможности ОС Microsoft: графический интерфейс человек-машина, работа в сети, доступ к БД, работа в качестве web-сервера и т.п. По сравнению с контроллерами узла промышленной шины BC/VX аппаратная часть контроллера CX, рассчитанная на работу с числами с плавающей точкой, более пригодна для решения задач, требующих значительных вычислительных мощностей при работе со значениями с плавающей точкой или тригонометрическими функциями.

Сложно назвать типовую сферу применения контроллеров, построенных на основе ПК, поскольку они являются универсальными изделиями и возможности их использования чрезвычайно разнообразны. Если соотношение цена/производительность является критическим параметром выбора, оборудование серии CX представляет собой эффективное решение по организации управления на основе промышленных ПК серии Embedded Industrial PC.

как ведущего, так и ведомого устройства и поддерживают одновременную работу с несколькими промышленными шинами.

Серия CX представляет собой “полутяжелую весовую категорию” контроллеров Beckhoff, предназначенную для решения задач средней и большой сложности, где могут также потребоваться возможности ОС

Microsoft: графический интерфейс человек-машина, работа в сети, доступ к БД, работа в качестве web-сервера и т.п. По сравнению с контроллерами узла промышленной шины BC/VX аппаратная часть контроллера CX, рассчитанная на работу с числами с плавающей точкой, более пригодна для решения задач, требующих значительных вычислительных мощностей при работе со значениями с плавающей точкой или тригонометрическими функциями.

Сложно назвать типовую сферу применения контроллеров, построенных на основе ПК, поскольку они являются универсальными изделиями и возможности их использования чрезвычайно разнообразны. Если соотношение цена/производительность является критическим параметром выбора, оборудование серии CX представляет собой эффективное решение по организации управления на основе промышленных ПК серии Embedded Industrial PC.

Контроллер максимальной производительности: промышленный ПК



Рис. 4. Промышленные ПК

В сер. промышленных ПК (рис. 4) представлены устройства самой высокой производительности. Производительность этой сер. варьируется в широких пределах в зависимости от отдельных элементов, которыми они оснащены. Например, тактовая частота процессора от 266 МГц до максимальной на данный момент – 2,8 ГГц, объем оперативной памяти от 64 Мбайт до 1 Гбайт. Между указанными границами располагаются “рабочие лошади”, например, Pentium III 850 МГц с оперативной памятью 128 Мбайт – конфигурация, достаточная для решения большинства различных задач управления, требующих значительной мощности, и в то же время характеризующаяся разумным соотношением цены и производительности.

Разновидности механической конструкции весьма разнообразны: конструкция корпуса обеспечивает доступ к элементам с различных сторон; имеются встраиваемый и навесной варианты монтажа ПК в шкаф управления или на опоре. Возможно оснащение ПК TFT-дисплеем, который устанавливается непосредственно на ПК или подключается через соединение CP-Link к панели управления Beckhoff на расстоянии до 100 м. Имеется явная тенденция увеличения производительности устройств при уменьшении их размеров, наглядной иллюстрацией чего служит новая компактная серия C6300. В общем случае для организации ввода/вывода используются карты промышленных шин ПК, однако

возможно также подключение промышленных шин малой стоимости к встроенным интерфейсам – RS-232, USB или Ethernet.

Множество контроллеров – одно программное обеспечение

Все контроллеры Beckhoff, вне зависимости от их принадлежности к определенному классу, имеют одну общую черту: для установки параметров и программирования используется одно и то же ПО под Windows NT/2000/XP – TwinCAT. Это позволяет заказчику изменить свое решение в последний момент: если заранее выбранного контроллера становится недостаточно для

решения задачи, можно выбрать более мощный контроллер из той же серии. Обычно при этом изменения пользовательского программного обеспечения не требуется. Пользователь продолжает работать с привычными средствами ПО TwinCAT (например, интерфейс программирования ПЛК, System Manager и область применения TwinCAT); выбор устройства, на котором будет установлено ПО, осуществляется после его загрузки. Тем не менее, не все элементы TwinCAT поддерживаются конкретными платформами. Функции позиционирования, например, поддерживаются только устройствами серии CX и выше.

Постоянное взаимодействие с использованием протокола ADS. Второй важной особенностью является возможность централизованного программирования на предприятиях, где устройства Beckhoff объединены в сеть. Сегменты с различной физической средой передачи можно объединить, используя разработанный Beckhoff протокол ADS. Имеется, например, возможность использовать программную станцию (ПК), подключенную по сети Ethernet, для программирования BC3100, который с этой целью подключается ко второму ПК в сети Ethernet по шине Profibus. В табл. 2 приведены функции TwinCAT, которые поддерживаются различными устройствами. TwinCAT PLC относится к выполнению программы на языке стандарта IEC 61131-3; TwinCAT NC работает с позиционированием (т.е. перемещением осей между точками), включая функции специального назначения, например, работу с кулачковыми механизмами/отрезными станками с подвижной головкой. TwinCAT NC I включает перемещение в трехмерном пространстве по интерполированной траектории; TwinCAT CNC представляет собой пакет интерполирования для расчета траекторий движения для обрабатываемого инструмента и центров механической обработки.

Функции TwinCAT

Таблица 2

| Контроллер Beckhoff | Операционная система | TwinCAT | | | | | |
|---------------------|---|------------|-----|-----|------|-----|----------------------|
| | | Ввод/вывод | PLC | PTP | NC I | CNC | OPC Server |
| BCxx00 | Beckhoff BCOS | Прямой | R | - | | | R (по протоколу ADS) |
| VXxx00 | | | | | | | |
| CX1000 | Windows CE.NET, XP Embedded | R | | R | R | - | R |
| Промышленный ПК | Windows CE.NET, NT, NT Embedded, 2000, XP XP Embedded | R+T | R+T | R+T | R+T | R+T | R+T |

В табл. 2 показана поддержка элементов конечным устройством: поддерживаются только элементы реального времени (R = реальное время) или также средства программирования (T = средства программирования).

Масштабируемая вычислительная мощность

Исторически сложилось так, что для измерения производительности контроллера используется промежуток времени, необходимый для выполнения 1024 команд ПЛК. Эта мера является достаточно неточной, поскольку оцениваемые команды и виды операндов у оборудования разных производителей различаются. Тем не менее, данная мера позволяет дать общую оценку времени выполнения программы ПЛК, а также позволяет сравнивать

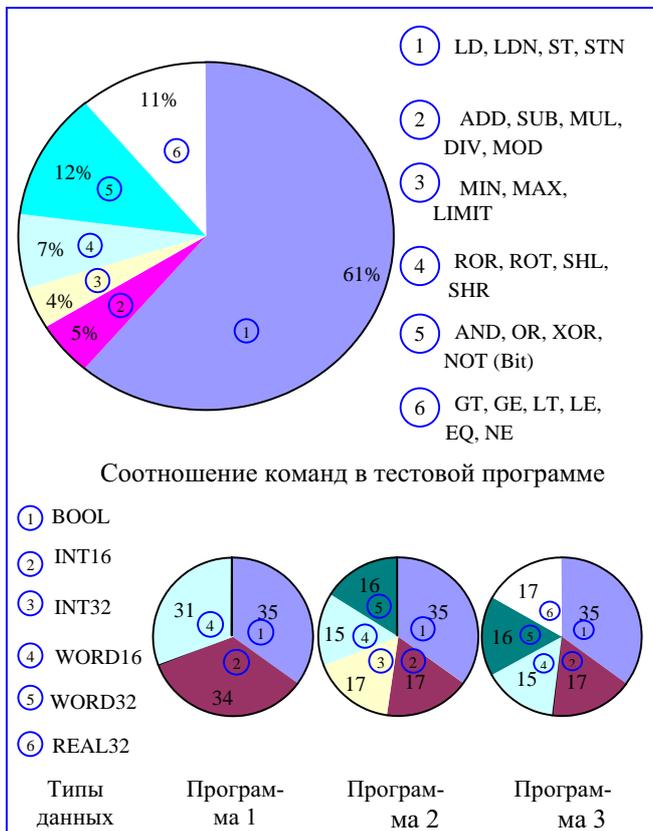


Рис. 5. Структура тестовых программ

производительность различных контроллеров одного производителя при условии, что во всех случаях используется одно и то же ПО. Для тестирования используется набор, состоящий из трех программ.

Тестовая программа 1. Тестовая программа содержит переменные типов BOOL, INT, WORD и предусматривает выполнение операций присвоения, арифметических операций, ограничения, логических операций с двоичной последовательностью, операций простого и циклического сдвига, побитовых логических операций и операций сравнения.

Тестовая программа 2. Тестовая программа содержит переменные типов BOOL, INT, DINT, WORD, DWORD и предусматривает выполнение операций присвоения, арифметических операций, ограничения, логических операций с двоичной последовательностью, операций простого и циклического сдвига, побитовых логических операций и операций сравнения.

Тестовая программа 3. Тестовая программа содержит 32-битовые значения с плавающей точкой и включает переменные типов BOOL, INT, WORD, DWORD, REAL и предусматривает выполнение операций присвоения, арифметических операций, ограничения, логических операций с двоичной последовательностью, операций простого и циклического сдвига, побитовых логических операций и операций сравнения. В качестве языка тестирования используется IL (язык линейных инструкций), поскольку он позволяет наиболее эффективно задавать количество инструкций. Используемые инструкции и их доля в программе показаны на рис. 5. Время выполнения 1000

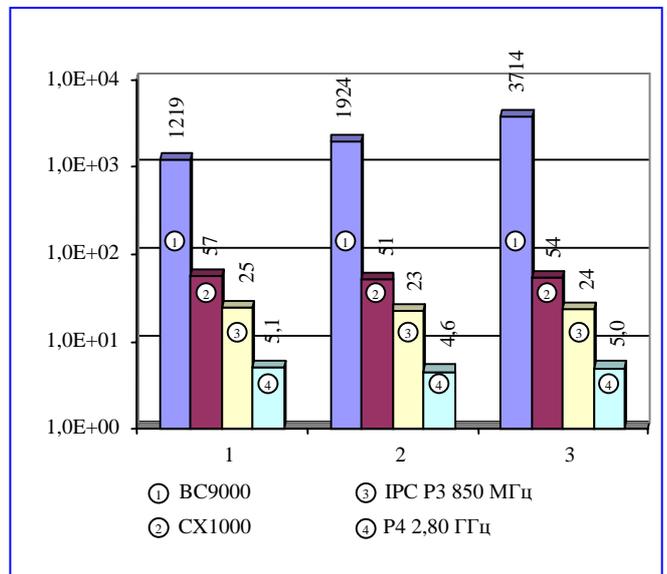


Рис. 6. Время выполнения кода ПЛК в ходе тестирования (мкс/1000 строк кода)

инструкций на языке IL на различных процессорах показано на рис. 6. Тестирование устройств серии BC производилось на примере контроллера узла промышленной шины Ethernet BC9000; устройств серии Embedded PC – на примере контроллера CX1000, устройств максимальной возможной на сегодняшний день производительности – на примере промышленного ПК С6140 с процессорами PIII с тактовой частотой 850 МГц и Pentium 4 с тактовой частотой 2,8 ГГц с частотой внешней шины 533 МГц.

На момент издания этого документа достоверные данные о тестировании контроллеров VX нового поколения отсутствовали. Ожидается, тем не менее, что их производительность будет на 20% превышать производительность BC9000 в нормальном рабочем режиме. Чтобы быть точными, повторим, что значения на рис. 6 представляют собой время, необходимое для выполнения ПЛК тестовой последовательности, а не время рабочего цикла контроллера. Фактические значения времени рабочего цикла обычно выше указанных значений, поскольку включают в себя время, необходимое для ввода/вывода, время администрирования системы и время, затрачиваемое ОС.

Даже среди продукции Beckhoff доля оборудования на основе ПК неуклонно растет за счет оборудования на основе микроконтроллеров. Это служит убедительным подтверждением правильности избранного Beckhoff подхода, который заключается в использовании гибкой инновационной технологии на основе ПК вместо жестких аппаратных решений.

Узким местом автоматизации опять являются периферийные устройства: технология автоматизации требует не разработки новых контроллеров, а увеличения скорости промышленных шин и ускорения передачи сигналов.

Даже инженеры, работающие в сфере автоматизации, скоро привыкнут к измерению времени в наносекундах.

При тестировании серий устройств, поддерживающих управление позиционированием, для определения времени вычисления для каждой оси можно использовать операции обработки чисел с плавающей точкой. На устройстве, оснащено процессором PIII с тактовой частотой 850 МГц, базовое время выполнения функций позиционирования составило 40 мкс, что соответствует времени вычисления (для позиционирования с генерацией набора значений и с дополнительным контролем положения) приблизительно 13 мкс. Для контроллера серии CX значения увеличиваются примерно в 6 раз, что соответствует базовому времени 250 мкс и времени вычисления 80 мкс для каждой оси. На практике обнаружено, что для контроллера CX1000 для упрощенных приближенных расчетов можно пользоваться правилом 1 мс на каждую ось, управление которой производится. Это означает, что интервал дискретизации для управления осями в ПО TwinCAT для контроллера CX1000 с двумя осями следует установить равным 2 мс, с тремя осями – 3 мс и т.д.

Приведенные значения, разумеется, в большой степени зависят от общей конфигурации, а также от доли вычислительной мощности устройства, выделенной для использования TwinCAT: при отсутствии необходимости визуализации, а также если ОС используется редко, вполне возможно выделение более 70% вычислительной мощности системы для выполнения задач реального времени. Это, в свою очередь, означает, что для целей позиционирования можно уменьшить значения времени дискретизации, например, 1 мс для 2 осей для контроллера CX1000. Значительно большая производительность промышленных ПК означает, что время выполнения для них также кажется существенно ниже: в зависимости от типа процессора, вполне реальным является управление 10 или более осями в течение 1 мс.

Заключение

Beckhoff предлагает самые различные контроллеры для различных целей – BC, BX, CX, IPC. ПО TwinCAT представляет собой единую среду программирования и установки параметров всех устройств как ПЛК, так и средств позиционирования. Как уже говорилось выше, описание контроллеров Beckhoff дано по состоянию на конец 2002 г. Благодаря следующему поколению микроконтроллеров и x86-совместимых процессоров производительность контроллеров Beckhoff в настоящее время превосходит данные, приведенные в статье. Появилась новая серия устройств (CP67xx): интегрированные в одном корпусе панель управления Beckhoff и промышленный ПК. Это устройство может использоваться не только для отображения информации, но также и для выполнения функции управления, упразднив необходимость в установке отдельного ПК в шкафу управления; таким образом, контроллером становится экран монитора, имеющий толщину всего 30 мм.

В дополнение к увеличению производительности второй тенденцией развития в настоящее время является расширение сферы применения ПК совместимых процессоров (вне зависимости от целей применения) в направлении их использования в контроллерах средней и малой мощности – девизом становится “управление с использованием Embedded PC”. Это служит еще одним примером использования продукции потребительского сектора для решения задач промышленной автоматизации и использования существующей в нем тенденции увеличения производительности, снижения энергопотребления и максимально возможного уменьшения размеров оборудования.

*Андреас Томе – менеджер по продукции средств
компьютерного управления фирмы Beckhoff.
E-mail: info@beckhoff.ru
<http://www.beckhoff.ru>*