

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ: АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ НА БАЗЕ ПЛК и ПК

Компания Bosch Rexroth

Сравниваются решения для промышленной автоматизации, реализованные на традиционных ПЛК и Soft-ПЛК (на базе ПК) по следующим критериям: режим работы, надежность, техническое обслуживание, аппаратная часть, информационная безопасность, система безопасности, удобство программирования. Приводятся иллюстрации на примере решений компании Bosch Rexroth.

Ключевые слова: ПЛК, промышленный компьютер, режим работы, надежность, техническое обслуживание, безопасность, программирование.

Одно из самых важных решений на стадии проектирования системы управления промышленным оборудованием — определение ее архитектуры и, как следствие, аппаратного состава. Годами ПЛК лидировали в области автоматизации управления. Начиная от небольших автоматов для автомобильной промышленности и заканчивая огромными масштабными системами, управляющими целыми заводами, ПЛК всегда был очевидным выбором. С момента появления в 70-х гг. XX века ПЛК стали доминировать в решениях всех задач промышленной автоматизации.

Однако с начала 90-х гг. и по сегодняшний день ПК успешно отвоевывают свою долю рынка, поскольку производительность процессоров растет, а стоимость неуклонно снижается. Число применений в области промышленной автоматизации с использованием ПК возрастает, ускоряя разработку приложений (рис. 1). Грань между двумя технологиями размывается.

ПЛК разрабатывались как соответствующая требованиям времени, гибкая и надежная замена устаревших реле и коробок переключателей. Их структура и языки программирования проектировались для решения специальных производственных задач максимально похожими на замещаемые релейные контуры и переключатели. Помимо всего прочего, ПЛК должны были обладать достаточной защищенностью и адекватно работать в сложных условиях: с относительно высоким уровнем электромагнитных помех, загрязненностью и вибрацией. С течением времени к функциям ПЛК добавились контроль движения, ПИД-регулирование, интегрированная безопасность, а также некоторые, присущие ранее только ПК особенности, например, Web-серверы и сетевые службы.

С другой стороны, ПК традиционно отводилось высокоуровневое управление оборудованием. Они использовались преимущественно для сложных вычислений, мониторинга, измерения и сетевых задач, предоставляя пользовательский интерфейс контроллера. Обычно компьютеры располагались в помещениях с менее жесткими рабочими условиями, чем надежные ПЛК.

В конечном итоге ПК, сохранив свои ключевые возможности, добавили функциональность ПЛК: их корпуса стали более защищенными, они могут эксплуатироваться в сложных производственных средах. Анализируя развитие архитектуры систем управления, можно заметить еще большее срастание технологий.



Рис. 1. Пример использования ПК на производстве

Добавив карту PCI, аппаратные драйверы и специальное ПО можно превратить ПК в так называемый софт-ПЛК. К тому же использование ОС РВ открывает возможность управления на базе ПК точными критическими операциями и алгоритмами. С другой стороны, существуют ПЛК x86-архитектуры со встроенным ПК, для начала работы с таким устройством достаточно всего лишь подключить клавиатуру и мышь [1].

И все же, что выбрать в качестве управляющего устройства? Отвечая на поставленный вопрос нужно проанализировать и сравнить отличительные характеристики ПЛК и ПК. Для этого выделим следующие критерии оценки: режим работы, надежность, техническое обслуживание, аппаратная часть, информационная безопасность, система безопасности, удобство программирования

Режим работы

Анализируя работу системы, следует сфокусироваться на том, как система будет работать, какие инструкции и задачи должны выполняться. Стандартный ПЛК имеет встроенную ОС РВ и специализированный процессор, гарантирующий высокую степень надежности работы. Так как задачей контроллера является автоматизация процесса, то не требуется запуск дополнительных служб, например, антивирусное ПО или системные обновления.

В свою очередь ПК с ОС РВ достигает такой же точности в управлении, как и ПЛК. Из опыта эксплу-

атации ПК в домашних и офисных условиях пользователи прекрасно знают о возможности «зависания» компьютера. Важно отметить, что эти «зависания» потенциально могут повлиять на любую ОС, включая ПЛК, если приоритеты для работы прошивки не были расставлены должным образом. В промышленности используется ПО, предназначенное исключительно для решения задач автоматизации процессов, и поэтому оно имеет минимальные шансы зависнуть. Но даже если это произойдет, ядро РВ не будет затронуто и продолжит свою работу.

Выполнение операций в «реальном времени» — это относительное понятие, означающее, что задача гарантированно будет выполнена в заданный промежуток времени. Синхронное движение или ПИД-регулирование требует высокого уровня определенности в отличие от некритичных к времени выполнения задач мониторинга сообщений об ошибках, отправки некритичных команд или запросов.

В связи с приведенными особенностями, например, системы ЧПУ компании Bosch Rexroth имеют двухкомпьютерную архитектуру, включающую независимые друг от друга ПК визуализации и ПЛК x86 архитектуры (рис. 2). В этой системе задача управления движением и электроавтоматикой решается на базе ПЛК, выступающего в роли ядра ЧПУ, работающего под управлением ОС РВ семейства VxWorks, а визуализация процесса и программирование осуществляются на базе ПК, работающего под управлением ОС семейства Windows.

Такая архитектура обеспечивает максимальную независимость и гибкость: возможны комбинации с ПК визуализации различной производительности, в случае необходимости возможно использование сразу нескольких ЧМИ-устройств, в том числе сторонние.

Надежность

Надежность контроллера в сущности относится к его способности противостоять различным окружающим условиям. Традиционные ПЛК не имеют подвижных частей и могут противостоять жестким рабочим условиям в течение миллионов циклов. В стандартном ПК есть некоторые подвижные части, как например, вентиляторы или жесткие диски, и поэтому они менее пригодны для использования в условиях высоких уровней вибраций. Тем не менее, промышленные ПК на сегодняшний день в качестве опций могут использовать твердотельные жесткие диски (SSD), безвентиляторное охлаждение, монтаж в шкаф. Благодаря такой комплектации ПК выравниваются по надежности с ПЛК и успешно эксплуати-



Рис. 2. Распределенная двухкомпьютерная архитектура систем ЧПУ Bosch Rexroth

руются в самых тяжелых рабочих средах. По надежности на сегодняшний день практически нет разницы между ПК и ПЛК за исключением того, что ПК требует дополнительных опций в сравнении со стандартным ПЛК.

Удобное техническое обслуживание

Следующий рассматриваемый фактор — стоимость и удобство технического обслуживания, то есть ремонт и затраты на замену на протяжении жиз-

ненного цикла контроллера. В случае ПЛК внешние устройства могут быть заменены без особых проблем и перерывов в работе. Более того, если необходимо заменить действующий контроллер, его модульная конструкция позволит произвести замену максимально быстро. Это значительно снижает издержки за счет сокращения времени простоя оборудования. Для ПК также доступна возможность «горячей» замены, но только для внешних периферийных устройств и устройств, подключенных по USB. В случае модульного исполнения время замены компонентов ПК сопоставимо с аналогичными работами над ПЛК.

В долгосрочной перспективе выгодно не только иметь возможность легко заменить компоненты системы, но также поддерживать их постоянный запас для быстрой замены, причем ввиду большого числа связей желательно, чтобы замена проводилась на абсолютно идентичное устройство. Следуя этой логике легче заменить устройство на точную копию ПЛК, нежели обычный ПК ввиду того, что аппаратная часть и прошивка ПЛК меняется не так часто, как у ПК. Спустя 1...2 г. гораздо сложнее найти компоненты для ПК, чем для ПЛК.

Аппаратная часть

Каждый инженер ценит возможность широкого выбора вариантов аппаратной части системы управления, так как всегда возникает необходимость в дополнительной периферии, памяти, пользовательском интерфейсе и т.д. Сегодня и ПК, и ПЛК способны управлять многочисленными устройствами, используя промышленные коммуникационные сети. Широко используются такие стандарты, как SERCOS [1], Profibus, DeviceNet и CANbus и их более современные Ethernet аналоги: SERCOS III, Profinet, Ethernet/IP и EtherCAT (рис. 3). При этом для ПЛК многие из названных интерфейсов являются встроенными, в то время как для ПК потребуются дополнительные карты и драйверы. С другой стороны, помимо типичных промышленных интерфейсов, ПК оборудованы встроенными открытыми интерфейсами, например, USB, FireWare, серийный интерфейс, Wireless Ethernet и т.д. Такое разнообразие открыва-

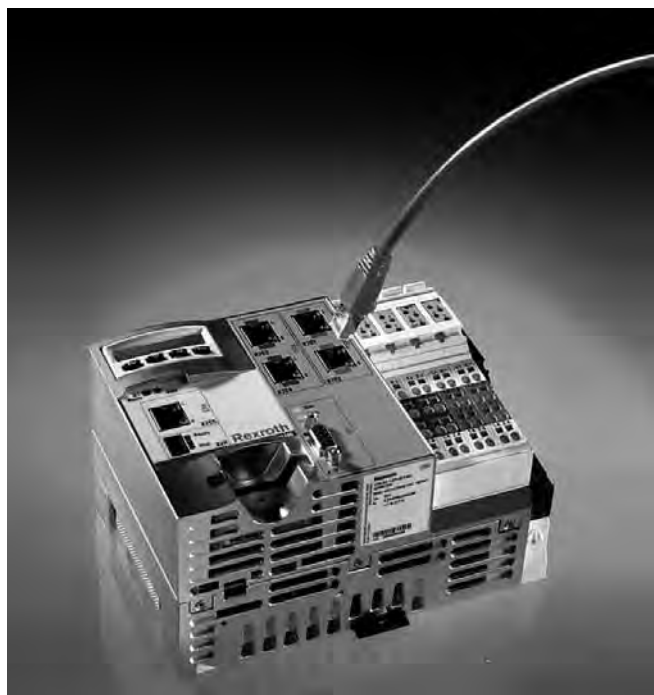


Рис. 3. ПЛК Bosch Rexroth семейства L45/L65 с широким набором интегрированных управляющих интерфейсов (SERCOS III, настраиваемый MultiEthernet: Profinet, EtherNet/IP, EtherCAT, Profibus, Ethernet TCP/IP)

ет пользователю доступ к использованию множества стандартных устройств и позволяет справляться с задачами, недоступными ПЛК. В качестве иллюстрации можно привести систему обработки изображений высокого разрешения, где каждое изображение должно храниться, анализироваться, сравниваться и архивироваться. Для решения подобной задачи ПК подходит лучше, вследствие своей многозадачности, объемов памяти и производительности процессора.

Для некоторых случаев пользовательский интерфейс становится основным компонентом системы. У ПК он встроенный, в то время как для ПЛК требуется дополнительное оборудование: переключатели, панель оператора или промышленный компьютер.

Таким образом, в то время как ПЛК имеют возможность взаимодействовать с устройствами по полевой шине и выполнять сложные операции, ПК помогают расширить их возможности для задач, требующих больших ресурсов памяти, а также иногда выступают в роли промежуточного устройства для подключения внешнего оборудования.

Для ресурсоемких задач немаловажным является наличие поддержки управляющим устройством двухъядерной архитектуры, позволяющей осуществить распараллеливание процессов. Так в семействе ПЛК Bosch Rexroth присутствует контроллер L85, первое ядро которого при работе в составе систем ЧПУ выполняет функции управления скоординированным движением осей, а второе выделено для выполнения функций контроллера электроавтоматики (рис. 4).

В этом случае первое ядро решает задачу формирования I/O-такта, обработки прерываний, подготовки

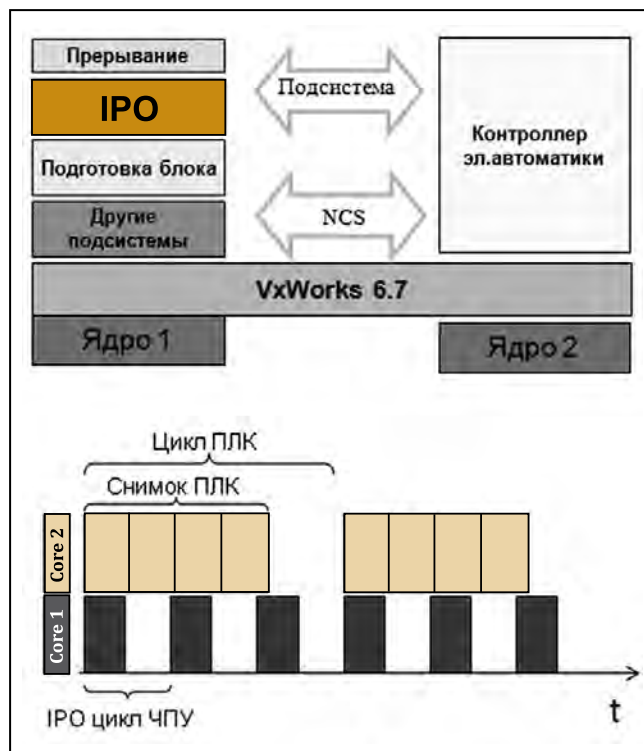


Рис. 4. Распределение задач в многоядерном ПЛК Bosch Rexroth L85

блока, а также контролирует работу других вспомогательных подсистем, в то время как второе ядро решает исключительно задачи ПЛК. В результате цикл работы ПЛК и I/O-цикл ЧПУ не зависят друг от друга.

Благодаря такой параллельной работе двух ядер достигается значительное сокращение времени ЧПУ-цикла до 0,25 мс, происходит высвобождение процессорного времени для решения задач движения, становится возможной реализация более длинных программ ПЛК, сокращается цикл ПЛК и, как следствие, увеличивается скорость обработки сложных деталей.

Информационная безопасность

Информационная безопасность большей частью заключается в защите файловой системы и приложений. Необходимо рассматривать два аспекта: предотвращение несанкционированного доступа извне (вирусные атаки, вредоносный код и т. д.) и ограничение прав доступа внутренних пользователей [3].

Традиционно ПЛК менее подвержены несанкционированному доступу извне. Благодаря свойствам специализированных ОС известно только несколько случаев вирусной атаки на ПЛК. Однако это не означает, что ПЛК устойчивы к вирусам. К сожалению, долгие годы ПЛК рассматривали исключительно как безвирусные, при этом не было разработано стандартных процедур по детектированию и уничтожению вирусного кода. Хотя ПК намного чувствительнее к вирусным атакам, прямые меры безопасности значительно снижают потенциальную угрозу, а стандартное ПО помогает найти и обезвредить вредоносные программы.

Обе технологии обеспечивают разные уровни доступа пользователей, делая систему настолько открытой/закрытой, насколько это необходимо.

Системы безопасности

В зависимости от условий эксплуатации безопасность может стать критически важным фактором. В случаях непосредственного взаимодействия человек-машина она может быть жизненно необходима. Кроме того, производственные стандарты могут предусматривать наличие систем безопасности.

Контроллеры с их долгой историей в промышленной автоматизации имеют специально предназначенные каналы коммуникации с ведомыми устройствами для четкого отслеживания операций, а также опционально могут включать дополнительные дублирующие контуры. Встроенная система безопасности совсем недавно стала доступна и на ПК, однако до сих пор не имеет широкого признания и единой платформы.

Удобство программирования

Функционал устройства хорош настолько, насколько хороша программа, запущенная на нем. Поэтому среда и язык программирования крайне важны для оптимальной работы. Главное отличие ПК и ПЛК заключается в том, как выполняется код. На ПЛК реализована смесь выполнения по событиям и выполнения методом циклического сканирования, в то время как код ПК выполняется только событийно. Выполнение методом циклического сканирования программы контроллера может занять больше времени, так как системе необходимо сначала закончить задачи с наивысшим приоритетом в цикле. Разница в способе выполнения требует различной философии программирования и зависит от предпочтений пользователя.

То же самое относится и к языку программирования. ПЛК используют языки стандарта IEC 61131-3 (LD, ST и т.д.) или языки, задаваемые отдельными производителями. ПК программируются с использованием таких языков, как C/C++/.NET

И, наконец, стоимость

Проанализировав технические требования и сравнив особенности оборудования, становится возмож-

ным затронуть последнюю, но не менее важную тему: стоимость.

Существует множество применений на основе ПК или ПЛК, все они значительно отличаются по стоимости. Сравним их в четырех различных разрезах в зависимости от стоимости оборудования: производительность, масштабируемость, условия работы, затраты на разработку (рис. 5).

Производительность и стоимость

Когда по условиям задачи требуется система управления, способная справляться со сложными вычислениями, работать с множеством данных, сетями и процессами, стоит присмотреться к решению на основе ПК. Хотя первоначальная стоимость решения может быть выше, ПК обеспечивают более высокую производительность, затраты на которую плавно возрастают по мере роста требований к вычислительной способности. В то же самое время ПЛК изначально будет стоить дешевле, однако в дальнейшем по мере роста потребности в вычислительном ресурсе стоимость растет чрезвычайно быстро (рис. 6).

Возможности расширения и стоимость

Аналогичный сценарий работает в случае, если изначально необходимо предусмотреть расширяемость системы, например, подключение к управляющей части дополнительного периферийного оборудования, модулей памяти или систем хранения данных. ПК традиционно стоят дороже в базовой комплектации (вследствие более оптимальной компоновки ПЛК), однако при подключении нового оборудования стоимость возрастает незначительно. Затраты на ПЛК значительно ниже, но их скорость роста с добавлением стороннего оборудования несравненно выше (рис. 7).

Эксплуатационные условия и стоимость

Рабочая среда порой оказывается решающим фактором при выборе типа системы управления, если основываться исключительно на затратах. ПЛК изначально были разработаны для тяжелых промышленных условий эксплуатации. Неудивительно, что для одинаково агрессивных сред, стандартные ПЛК стоят существенно меньше аналогичных ПК. Дополнительные компоненты, защищающие ПК составляют значительную часть стоимости оборудования (рис. 8).



Рис. 5



Рис. 6



Рис. 7

Затраты на разработку

Время разработки ПО добавляет немалую часть стоимости к проекту, но зачастую остается неучтенным при выборе системы управления. Поскольку ПЛК используют стандартные языки IEC 61131-3, то найти компетентного специалиста не составляет особого труда. Более того, эта платформа содержит несколько встроенных функций, уже готовых и настроенных для быстрого решения конкретных задач. Именно поэтому ПЛК менее дорогие, чем аналогичные ПК-контроллеры с точки зрения затрат на разработку, особенно для тех, кто пользуется ими впервые или имеет мало опыта. Для опытных разработчиков разница во времени будет несущественно отличаться как для ПК, так и для ПЛК.

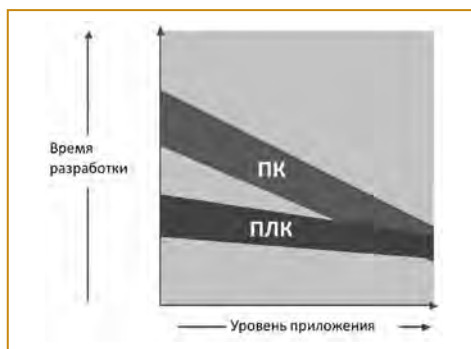


Рис. 8

Заключение

Контроллеры x86-архитектуры позволяют реализовать преимущества форм-фактора ПЛК и ПК одновременно. Благодаря их широким функциональным возможностям на базе одной аппаратной платформы становится возможной реализация как функционала мощного логического контроллера, так и благодаря наличию широкого круга полевых интерфейсов и ОС реального времени, функционала контроллера

движения или ядра ЧПУ. При этом конкретный доступный набор функций контроллера будет определяться типом математического обеспечения, поставляемого на SD-карте памяти.

Выбирая между ПК и ПЛК, а также оба решения одновременно, необходимо принимать во внимание комплекс факторов, таких как производительность, функциональность, условия эксплуатации, затраты на разработку

и стоимость оборудования. Взвешенный подход в выборе оборудования для построения системы управления гарантирует бесперебойную работу системы в долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. *Мартинов Г. М.* Современные тенденции развития компьютерных систем управления технологического оборудования // Вестник МГТУ СТАНКИН. 2010. № 1. С. 119-125.
2. Промышленный Ethernet с SERCOS. "Сладкая сторона" технологий автоматизации // Автоматизация в промышленности. №11. 2012.
3. *Мартинов Г. М., Нежметдинов Р. А., Никишечкин П. А.* Разработка средств визуализации и отладки управляющих программ для электроавтоматики, интегрированных в систему ЧПУ // Вестник МГТУ СТАНКИН. 2012. № 4 (23). С. 134-138.

Контактный телефон (495) 660-66-69.

E-mail: sfa@boschrexroth.ru

[Http://www.boschrexroth.ru](http://www.boschrexroth.ru)

SINUMERIK 840D SOLUTION LINE И ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ: СПОСОБЫ НАСТРОЙКИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

А.С. Кудинов (ООО «Сименс»)

Рассмотрены различные способы настройки взаимодействия промышленных роботов и станков, оснащенных системой ЧПУ Sinumerik 840D sl [1, 2].

Ключевые слова: станок с ЧПУ, робот, компилируемые циклы, единая среда управления роботом, ПЛК.

Введение

Середина XX века стала новым качественным этапом развития в промышленной автоматизации. Это связано с появлением компьютерной техники, которая могла применяться при решении различных производственных задач для повышения качества и сокращения времени производства. Основными средствами для автоматизации производства были машины, название которых известно практически каждому из нас — станки и промышленные роботы.

Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) — сложная техническая система, которую условно можно разделить на механическую часть и систему управления. Этот тип машин применяется для

механической обработки изделий из различных материалов, позволяя получать высокую точность изделий благодаря жесткости конструкции станка. Недостатком этого типа машин является ограниченная рабочая зона, в рамках которой движется шпиндель станка.

Промышленные роботы — автономное устройство, состоящее из механического манипулятора и перепрограммируемой системы управления, которое применяется для перемещения объектов в пространстве и для выполнения различных производственных процессов [3]. Промышленные роботы обладают высокой точностью повторяемости при выполнении идентичных процессов — разгрузка/загрузка, манипулирование деталями и т. д. (рис. 1).