

С.В. Золотарев, ЗАО «РТСофт»

И.В. Петров, ООО «Пролог»

## **CoDeSys – интегрированный комплекс МЭК 61131-3 программирования**

В статье описаны основные возможности интегрированного комплекса CoDeSys (*Controller Development System*) немецкой компании Smart Software Solutions GmbH (3S), основанного на стандарте МЭК 61131-3 и предназначенного для программирования промышленных компьютеров и контроллеров. Возможности CoDeSys расширяет целый ряд дополнительных продуктов 3S: инжиниринговый интерфейс (ENI), CoDeSys SoftMotion, специализированные библиотеки, CoDeSys HMI, сервер WEB визуализации и другие инструменты.

### **CoDeSys как интегрированный комплекс**

Интегрированный комплекс CoDeSys включает современные средства визуального программирования в стандарте МЭК 61131-3, систему исполнения для различных аппаратных платформ, оптимизирующие компиляторы, интерактивный графический отладчик, встроенную визуализацию HMI/SCADA, конфигураторы fieldbus и оборудования, OPC и DDE серверы и многое другое.

CoDeSys, как средство программирования промышленных компьютеров и контроллеров, представляет собой согласованный и взаимно дополняющий набор элементов и делится на 2 части: среду программирования и систему исполнения. Среда программирования CoDeSys всегда работает на PC под Windows 98/NT/XP/2000/. Код созданной в ней прикладной программы может работать на разных аппаратных платформах.

Процесс установки среды программирования CoDeSys типичен для всех Windows приложений. Но результат для разных версий Windows может несколько отличаться: инжиниринговый сервер (ENI) и CoDeSys SP RTE (см. ниже) работают только под Windows NT/XP/2000. При установке на Windows 98 эти компоненты недоступны.

Интересно, что при установке не требуется вводить никаких «магических» ключевых кодов. ***Ограничения на тиражирование, число установок или привязка к аппаратуре отсутствуют. Среда программирования CoDeSys поставляется бесплатно.*** Предметом лицензирования 3S являются только **системы исполнения**. Если пользователь приобрел готовое оборудование, имеющее «на борту» поддержку CoDeSys, то его изготовитель уже позаботился обо всем за него и цена лицензии включена в стоимость оборудования.

### **Среда программирования CoDeSys**

Обратимся теперь к главной части комплекса - среде программирования CoDeSys. Запустив CoDeSys, пользователь может начать работу над своей задачей – проектом. Проект CoDeSys - это один единственный файл, включающий все программы, конфигурацию контроллера, сети и др. Это достаточно удобно. Проект можно хранить не только на диске инструментального PC, но и в контроллере, если он имеет достаточный объем памяти. Это позволяет избежать потери исходных текстов или путаницы в проектах.

Как и любая хорошая среда, удовлетворяющая требованиям МЭК 61131-3, CoDeSys включает 5 специализированных редакторов для каждого из стандартных языков программирования: Список Инструкций (**IL**), Функциональные блок-диаграммы (**FBD**), Релейно-контактные схемы (**LD**), Структурированный текст (**ST**), Последовательные функциональные схемы (**SFC**). Редакторы поддержаны большим числом вспомогательных инструментов, ускоряющих ввод программ (рис.1).

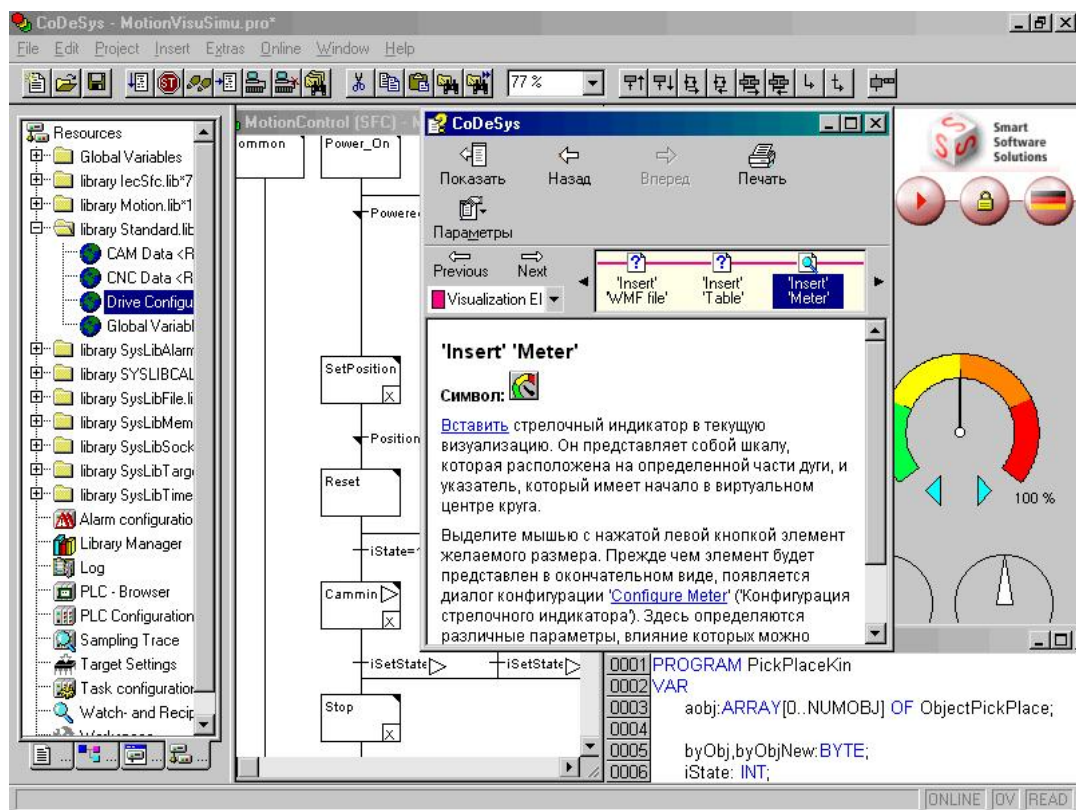


Рис.1 Пример контекстно-зависимой помощи в CoDeSys

Это ассистент ввода, автоматическое объявление переменных, интеллектуальная коррекция ввода, цветное выделение и синтаксический контроль при вводе, масштабирование, автоматическое размещение и соединение графических элементов.

В режиме отладки редакторы «оживают». Вы увидите значения переменных непосредственно в редакторах. Конечно же, поддерживается фиксация переменных, управление наборами значений переменных, выполнение по циклам, шагам и с точками останова. Можно еще долго продолжать это перечисление, но многие из этих инструментов не исключение для систем программирования такого класса. Поэтому давайте сосредоточимся на нескольких уникальных свойствах CoDeSys.

CoDeSys поддерживает исключительно полный набор стандартных типов данных, включая битовые поля, массивы, структуры, строки, диапазоны и перечисления. Удобным расширением является возможность работы с указателями (как в языке C). Это позволяет решить типичную для МЭК систем проблему работы с динамическими объектами. Удобно это и при работе с внешними библиотеками, например, созданными средствами на языках программирования (C, ассемблер и др.).

В CoDeSys реализован шестой специализированный язык Continuous Function Chart (CFC). Практически - это те же стандартные функциональные блоки FBD, но с возможностью создания больших схем со свободным размещением элементов и обратными связями.

Из других расширений МЭК выделяется упрощенный SFC (см. рис 1). Практика показывает, что работа с действиями МЭК - это наиболее сложный вопрос для начинающих. В упрощенном SFC каждый шаг содержит свое собственное встроенное действие и однократно выполняемые входное (активация шага) и выходное действия (деактивация).

Еще одно интересное расширение - это функциональные блоки с действиями. Фактически, это изящное дополнение блока методами класса. Идея ООП расширения МЭК очень красиво решена в концептуально новой версии CoDeSys 3.0. Это революционно новый продукт, работа над ним идет сейчас полным ходом. Но это отдельная большая тема. Подробно познакомиться с CoDeSys 3.0

можно на открытом семинаре пользователей, который пройдет в г. Смоленске в начале июня (подробнее см. [www.3s-software.ru](http://www.3s-software.ru)).

## Средства отладки и сопровождения

Из отладочных функций CoDeSys интересен инструмент графической трассировки значений переменных. С его помощью можно проводить отладку не только программ, но и оборудования, причем до написания программы.

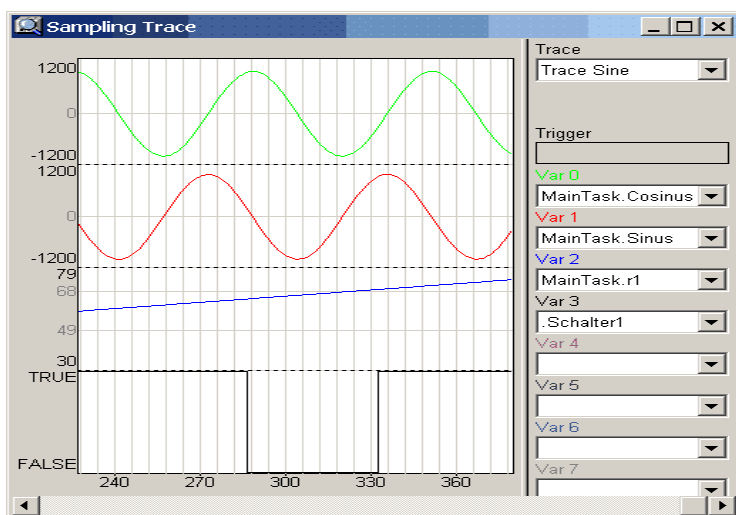


Рис.2 Пример трассировки в CoDeSys

Для непрерывных технологических процессов CoDeSys дает возможность исправить работающую программу на ходу. Измененные фрагменты компилируются, загружаются в контроллер, и система исполнения мгновенно подключает новый код.

Встроенный эмулятор CoDeSys позволяет отладить прикладное ПО без подключения контроллера. Причем эмуляция настолько точно подменяет работу контроллера, что неопытные программисты иногда попадают в курьезные ситуации, забыв отключить режим эмуляции. Благодаря этому CoDeSys широко применяется при создании виртуальных лабораторий в вузах. Оснащение такой лаборатории не требует абсолютно никаких затрат.

Помимо стандартных МЭК библиотек 3S имеет несколько оригинальных продуктов. Пожалуй, самым неожиданным их них является реализация протокола CANopen (master/slave) в виде внутренней библиотеки. Внутренние библиотеки написаны на языках МЭК и являются аппаратно независимыми. CANopen поддерживан в CoDeSys и встроенным конфигуратором сети, использующим EDS файлы. В итоге проблема поддержки этого сложнейшего протокола в CoDeSys решается изящно для любой аппаратной платформы.

## Система исполнения – CoDeSys SP

Система исполнения - это часть CoDeSys, расположенная в оборудовании. На выходе среды программирования прикладная программа преобразуется в **машинный код** конкретного процессора. Зачем же тогда нужна система исполнения, что она исполняет?

В соответствии с современной неформальной терминологией это «движок». Он выполняет загрузку кода в память процессора, управление задачами, функции мониторинга, просмотр и фиксацию переменных, аккумуляцию данных трассировки и трендов, содержит оптимизированный код стандартных библиотек и т.д. Большая по объему часть кода системы исполнения работает только при подготовке программы. Ядро, управляющее прикладными

задачами, исключительно компактно. В совокупности с компилятором это обеспечивает **непревзойденное быстродействие** прикладного ПО в CoDeSys.

Для работы с конкретным устройством среде программирования CoDeSys необходим так называемый целевой (target) файл. В нем записаны тип процессора, распределение памяти и другие необходимые сведения об аппаратуре. Помимо этого изготовитель оборудования может наделить CoDeSys значительным числом специфических функций. Это конфигураторы модулей системы и сети, дополнительные инструменты, фирменные библиотеки и многое другое. Все это включается в комплект конфигурации целевой платформы. Такой комплект может иметь некоторое число фирменных know-how и не всегда изготовитель будет отдавать его бесплатно. Тем не менее, чаще всего это именно так.

Что конкретно пользователь должен сделать, чтобы подключить к CoDeSys комплект целевой платформы? Если он использует при установке CD изготовителя контроллера, то вероятнее всего такое подключение будет выполнено автоматически. В противном случае, нужно использовать приложение **InstallTarget** (рис. 3), указав путь к файлам целевой платформы (используя кнопку Open) и затем (выбрав нужную платформу) нажать кнопку Install.

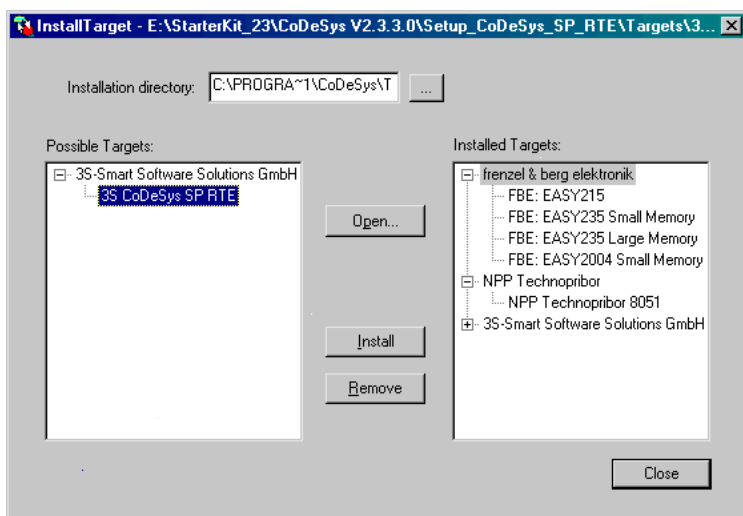


Рис.3 Пример установки целевой платформы в CoDeSys

С помощью CoDeSys SP вы можете превратить практически любое программируемое устройство, включая PC совместимые контроллеры и компьютеры, в ПЛК с полноценной поддержкой МЭК 61131-3.

Существуют 4 разновидности CoDeSys SP:

- **CoDeSys SP 8 Bit** для семейства 8051 совместимых микроконтроллеров, без операционной системы.
- **CoDeSys SP 16 Bit** для 16-и разрядных микропроцессоров без ОС или с собственной ОС.
- **CoDeSys SP 32 Bit Embedded** для 32-х разрядных процессоров без ОС или с однозадачной ОС.
- **CoDeSys SP 32 Bit Full** для 32-х разрядных процессоров с многозадачной ОС.

Семейства микропроцессоров поддерживаемые CoDeSys: Intel 8051, Intel 80x86 / 80186/ Pentium, ARM (т.е. StrongARM, NET+ARM), MIPS, Motorola MC68000 / MC68332/ ColdFire, PowerPC, Hitachi SH 2/3/4, H8, Infineon C16x, Infineon TriCore, Texas Instruments TMS32028x.

В простых контроллерах низшей ценовой категории CoDeSys SP применяется, как правило, без операционной системы. Естественно в этом случае изготовители контроллера должны адаптировать CoDeSys SP. Адаптация сводится к реализации начального загрузчика и функции обслуживания аппаратных средств. Ядро CoDeSys SP включает собственный монитор задач. В

результате, не вытесняющая многозадачность в прикладных МЭК проектах работает даже в контроллерах на базе 8051.

При наличии ОС адаптация значительно упрощается. Кроме того, это дает простую возможность расширения CoDeSys SP, включая функциональность самой ОС и большого числа готового программного обеспечения третьих фирм. CoDeSys SP 32 Bit Full использует механизм вытесняющей многозадачности операционной системы. Использовать этот вариант в контроллерах, не имеющих ОС нельзя в принципе.

Безусловно, проще всего использовать CoDeSys с PC совместимыми контроллерами и промышленными компьютерами. В этом случае достаточно загрузить в систему готовое, не требующее адаптации ядро SoftPLC. В настоящее время 3S предлагает готовые решения для **Windows XP/NT, Windows CE, QNX и Linux**.

Благодаря этому конечный пользователь может самостоятельно использовать CoDeSys с любым удобным ему оборудованием, без поддержки со стороны изготовителя. Комплект CoDeSys SP включает набор драйверов для ряда наиболее широко распространенных плат ввода-вывода и сетевых интерфейсов. Для большинства простых плат управление сводится к записи и чтению нескольких регистров данных. С этой функцией легко справляется универсальный драйвер. Для более сложных случаев существует специальный пакет разработчика (SDK).

Технология SoftPLC дает самый быстрый и экономичный способ обеспечения промышленных ПК и встраиваемых систем высококлассной системой МЭК программирования, включая средства отладки, конфигурирования, визуализации, SoftMotion, DDE, OPC и все без исключения инструменты комплекса CoDeSys.

Использование CoDeSys SP не ограничивает функции, которые может выполнять компьютер. В CoDeSys реализован специальный интерфейс ARTI (Asynchronous Runtime Interface), который открывает символьный доступ к значениям переменных контроллера. Чаще всего механизм ARTI используется для непосредственного взаимодействия встроенных приложений, но с помощью TCP/IP можно создавать распределенные системы под WinCE, VxWorks и Linux.

Отдельное место в ряду систем исполнения 3S занимает **CoDeSys SP RTE**. Это многозадачная система исполнения с **собственным ядром жесткого реального времени** под Windows NT, 2000 или XP. CoDeSys SP RTE гарантирует детерминированное время реакции с точностью в пределах микросекундной области. При этом, ни каких расширений операционной системы или дополнительной аппаратуры не нужно.

В качестве интерфейса для устройств ввода-вывода в CoDeSys SP RTE вы можете использовать стандартные fieldbus карты: Hilscher (CIF), Siemens Profibus, Beckhoff Profibus, Applicom, Phoenix Interbus, Марафон и др. Конфигураторы Profibus DP и CANopen штатно включены в систему программирования CoDeSys.

## **Встроенная визуализация CoDeSys**

Особый интерес представляет встроенный в CoDeSys инструмент визуализации, приближающийся по своим возможностям к коммерческим SCADA системам. В ранних версиях набор графических элементов включал простые геометрические фигуры и растровые картинки. Их размеры, положение, текстовые подписи, цвет и угол можно связывать с переменными программы. В версии 2.3 появились стрелочные и столбчатые индикаторы, гистограммы и даже тренды и таблицы тревог (alarm). Значительно усовершенствованы и возможности динамического программного управления графикой.

Встроенная визуализация не требует никакой подготовительной работы. Тесная взаимосвязь визуализации и системы исполнения обеспечивает максимальную эффективность, без каких либо дополнительных затрат.

Уникальным свойством CoDeSys является возможность использовать готовую визуализацию несколькими разными способами. 1) Непосредственно в системе программирования 2) На любом

PC с помощью отдельного Win32 приложения CoDeSys HMI (рис.4) 3) Через Web-браузер в сетях TCP/IP. 4) В контроллере, оснащенном дисплеем и хотя бы несколькими клавишами (рис.5).

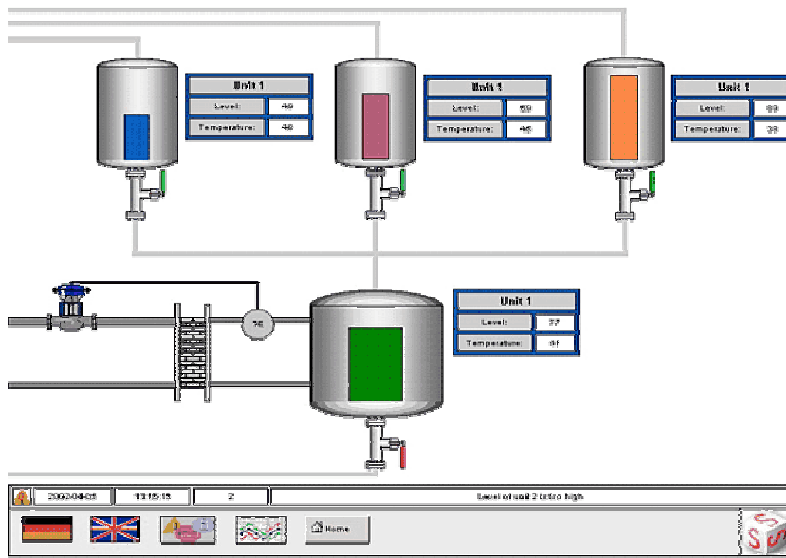


Рис.4 Пример визуализации CoDeSys в среде программирования или в среде CoDeSys HMI



Рис.5 Пример визуализации в системе исполнения CoDeSys

Во всех этих случаях, никакого специального программирования не требуется. Везде работает одна и та же визуализация. Помимо этого в стандартный комплект CoDeSys включены бесплатные OPC и DDE серверы. Они обеспечивают связь со SCADA системами, если это оказывается необходимым.

## Инжиниринговый интерфейс ENI

Типовой проблемой при работе над большими проектами является синхронизация действий коллектива разработчиков и точный учет всех изменений и доработок. Достичь этого только организационными мерами практически невозможно. Для решения этой задачи служит инжиниринговый интерфейс 3S (ENI - ENgineering Interface).

Он состоит из сервера и клиентской части. **ENI Server** работает как автономный сервис. Клиентами могут быть одна или несколько систем программирования CoDeSys или другие инструменты, которым необходим общий доступ к единой базе данных. CoDeSys ENI решает 3 основных задачи: обеспечивает открытый интерфейс интеграции программных инструментов, взаимодействие CoDeSys с системами управления версиями, многопользовательский доступ к проекту (рис. 6).

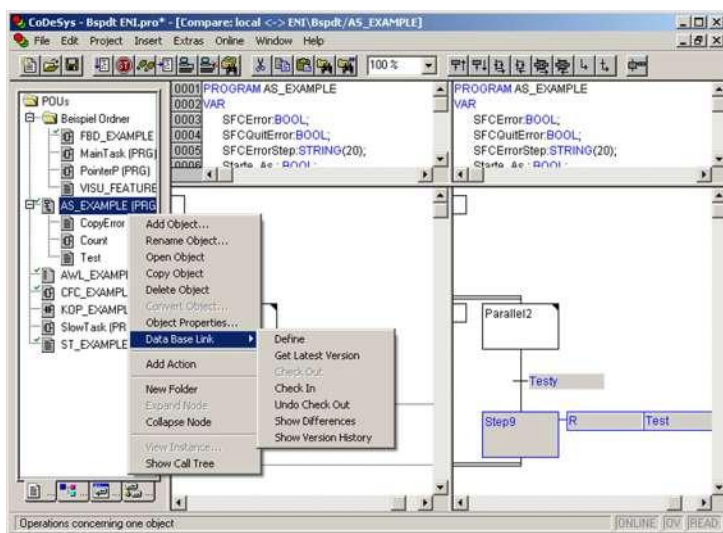


Рис. 6 Инжиниринговый интерфейс ENI в CoDeSys

## CoDeSys SoftMotion: объединение ПЛК с ЧПУ

**CoDeSys SoftMotion** это встроенный в среду программирования и систему исполнения CoDeSys функциональный набор средств управления движением, от простейших перемещений по одной оси, до сложной многомерной интерполяции современных ЧПУ. Обычно задачи управления движением решают специализированные аппаратно-зависимые системы. CoDeSys SoftMotion предлагает совершенно новое решение: программный инструментальный набор, позволяющий решать задачи любого уровня сложности. CoDeSys SoftMotion содержит библиотеку числового управления (NC library) PLCopen, интерполятор и блоки подготовки пути, готовые драйверы для наиболее распространенных сетей (CAN, Sercos), элементы визуализации, позволяющее определять произвольные поверхности для каждого приложения и графические редакторы задания движения (DIN 66025 и CAM). CoDeSys SoftMotion предлагает решения для следующих применений: обрабатывающие центры с ЧПУ, специализированные машины с ПЛК функциональностью, ЧПУ с ограниченными функциями перепрограммирования, гибкое производство, статус-зависимый выбор привода, нестандартные преобразования, нестандартные интерфейсы.

## Заключение

Благодаря своим отличным функциональным возможностям, надежности и открытым интерфейсам, CoDeSys стал одним из лидеров в области автоматизации программирования промышленных компьютеров и контроллеров. Не случайно, он выбран в качестве базового инструмента многими ведущими мировыми поставщиками аппаратных решений для промышленной автоматизации (особенно в Европе), и, в частности, фирмами Kontron и WAGO (Германия), выпустившими на рынок совместный продукт ThinkIO со встроенной поддержкой CoDeSys.

*Сведения об авторах:*

Золотарев Сергей Викторович, к.т.н., начальник отдела РТСофт, тел. (095)742-6828,  
[zolotarev@rtsoft.msk.ru](mailto:zolotarev@rtsoft.msk.ru)

Петров Игорь Викторович, технический директор ООО «Пролог», тел. (081-2) 38-29-31,  
[prolog@sci.smolensk.ru](mailto:prolog@sci.smolensk.ru)

*Статья опубликована в журнале:*

Промышленные АСУ и контроллеры N 4 2005, © НАУЧТЕХИЗДАТ 2005г.

[www.asucontrol.ru](http://www.asucontrol.ru)